

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISM

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Raisha Kintan Kamila
NIM : 2010314043
Program Studi : Teknik Elektro

Dengan ini menyampaikan bahwa judul skripsi “RANCANG BANGUN SISTEM PEMANTAUAN DAN KENDALI KONSUMSI LISTRIK RUMAH TANGGA DENGAN LOGIKA FUZZY DAN *INTERNET OF THINGS*” benar dan bebas plagiarism dengan skor 20%. Apabila pernyataan ini tidak benar maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini dibuat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Jakarta, 22 Juli 2024

Yang menyatakan,



Raisha Kintan Kamila

Pembimbing I



Luh Krisnawati, S.T., M.T.

Pembimbing II



Ni Putu Devlra Ayu Martini,
S.Tr.T., M.Tr.T.

RANCANG BANGUN SISTEM PEMANTAUAN DAN KENDALI KONSUMSI LISTRIK RUMAH TANGGA DENGAN LOGIKA FUZZY DAN INTERNET OF THINGS

by Raisha Kintan Kamila

Submission date: 22-Jul-2024 11:32AM (UTC+0700)

Submission ID: 2420573780

File name: RaishaKintanKamila_2010314043.docx (3.28M)

Word count: 9202

Character count: 55062



2
**RANCANG BANGUN SISTEM PEMANTAUAN DAN
KENDALI KONSUMSI LISTRIK RUMAH TANGGA
DENGAN LOGIKA FUZZY DAN *INTERNET OF
THINGS***

SKRIPSI

RAISHA KINTAN KAMILA

2010314043

18
**UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN
JAKARTA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI S1 TEKNIK ELEKTRO
2024**



**RANCANG BANGUN ² SISTEM PEMANTAUAN DAN
KENDALI KONSUMSI LISTRIK RUMAH TANGGA ⁵²
DENGAN LOGIKA FUZZY DAN *INTERNET OF
THINGS***

SKRIPSI

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik**

RAISHA KINTAN KAMILA

2010314043

**¹⁸ UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN
JAKARTA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI S1 TEKNIK ELEKTRO
2024**

2
**Rancang Bangun Sistem Pemantauan dan Kendali Konsumsi
Listrik Rumah Tangga dengan Logika Fuzzy Berbasis
Internet of Things**

Raisha Kintan Kamila

55
ABSTRAK

Listrik merupakan sumber energi yang sangat penting dalam kehidupan sehari-hari. Dilansir dari Laporan Statistik PLN Tahun 2022, konsumsi listrik terbesar berasal dari sektor rumah tangga. Hal ini menimbulkan tantangan untuk mengelola konsumsi listrik tersebut agar lebih efisien dan terhindar dari pemakaian yang tidak terkendali. Untuk membantu pemilik rumah dalam mengelola penggunaan listrik sehari-hari, dirancanglah sistem pemantauan dan pengendalian konsumsi listrik rumah tangga. Sistem ini menggunakan modul sensor PZEM-004T untuk menghitung konsumsi listrik, serta Wemos D1 Mini sebagai mikrokontroler yang juga dapat menghubungkan sistem dengan Internet. Selain itu sistem juga dilengkapi dengan relay untuk mengendalikan peralatan listrik melalui stop kontak. Implementasi logika fuzzy juga digunakan untuk memberikan informasi hari tingkat konsumsi listrik dan memberikan notifikasi apabila hasilnya tinggi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu berfungsi sesuai tujuan dengan akurasi yang juga memadai, yaitu sekitar 99.94%. Dengan pengembangan ini, diharapkan dapat membantu pengguna dalam mengelola penggunaan listrik secara lebih efisien.

Kata Kunci: *Konsumsi Listrik, Logika Fuzzy, Internet of Things, Pemantauan, Kendali*

Design and Development of a Household Electricity Consumption Monitoring and Control System Using Fuzzy Logic and Internet of Things

Raisha Kintan Kamila

ABSTRACT

Electricity is a very important source of energy in everyday life. According to the PLN Statistical Report 2022, the largest electricity consumption comes from the household sector. This poses a challenge to manage electricity consumption to be more efficient and avoid uncontrolled usage. To assist homeowners in managing daily electricity usage, a household electricity consumption monitoring and control system was designed. This system uses PZEM-04T sensor module to calculate electricity consumption, and Wemote D1 Mini as a microcontroller that can also connect the system to the Internet. In addition, the system is also equipped with a relay to control electrical appliances through the socket. The implementation of fuzzy logic is also used to provide information from the level of electricity consumption and provide notifications if the results are high. The test results show that the system is able to function as intended with sufficient accuracy, which is around 99.94%. With this development, it is expected to help users in managing electricity usage more efficiently.

Keywords: *Electricity Consumption, Fuzzy Logic, Internet of Things, Monitoring, Controlling*

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi listrik merupakan salah satu bentuk energi yang sangat penting dan tidak bisa dipisahkan dari kehidupan sehari-hari. Di era perkembangan teknologi yang semakin cepat, kebutuhan energi listrik di rumah tangga juga semakin kompleks. Penggunaan listrik yang tidak terkendali tidak hanya memengaruhi tagihan listrik, namun juga akan berdampak pada lingkungan. Menurut Laporan Statistik PLN Tahun 2022, total penjualan energi listrik pada tahun 2022 mencapai 273.761,48 GWh. Konsumsi energi listrik oleh kelompok pelanggan Rumah Tangga adalah 116.095,41 GWh (42,41%), Industri sebesar 88.483,30 GWh (32,32%), Bisnis sebesar 50.532,19 GWh (18,46%), dan sektor lainnya (termasuk sosial, gedung pemerintah, dan penerangan jalan umum) sebesar 18.650,58 GWh (6,81%) (PT PLN (Persero), 2023). Berdasarkan data tersebut, konsumsi listrik pada sektor rumah tangga merupakan yang tertinggi, sehingga tantangan utama saat ini adalah bagaimana mengelola konsumsi listrik tersebut menjadi lebih efisien dan menghindari pemakaian yang tidak terkendali.

Salah satu cara untuk meningkatkan efisiensi energi listrik dapat dilakukan dengan mengetahui seberapa besar pemakaian listrik oleh rumah tangga dalam sehari-harinya. Seringkali pelanggan tidak mengetahui berapa besar pemakaian listrik mereka, sehingga pemakaian listrik tidak terkendali. Untuk mengetahui seberapa besar pemakaian listrik, dapat menggunakan sebuah sistem yang dapat memantau pemakaian listrik oleh beban yang terpasang pada rumah tangga, serta dapat diakses langsung melalui *smartphone*. Perangkat dan sistem *monitoring* pada *smartphone* dapat dikoneksikan menggunakan SMS Gateway (Msimbe et al., 2022; Wirasasmita et al., 2022), koneksi *Bluetooth* (Dwisaputra et al., 2021), serta Internet (Jokanan et al., 2022; Msimbe et al., 2022; Nugraha, 2023; Suhanto et al., 2020).

Sebagai sistem koneksi, teknologi *Internet of Things* juga dapat menjadi solusi untuk mengendalikan pemakaian listrik rumah tangga. Melalui *Internet of Things* (IoT), perangkat dapat terintegrasi satu sama lain, serta memungkinkan pengguna untuk mengatur pemakaian listrik. Pada penelitian yang dilakukan oleh

(Suhanto et al., 2020), (Dwisaputra et al., 2021), dan (Nugraha, 2023), aliran listrik menuju perangkat dapat diatur menggunakan relay yang telah tersambung pada aplikasi yang ada pada *smartphone* pelanggan. Dengan penambahan sistem kontrol melalui *smartphone*, pelanggan dapat lebih mudah untuk mengambil keputusan terkait efisiensi energi dan mengurangi pemborosan daya.

Selain itu, untuk memudahkan pengambilan keputusan dalam meningkatkan efisiensi konsumsi listrik, penerapan Logika Fuzzy (*Fuzzy Logic*) dapat membantu pelanggan untuk mengetahui tingkat pemakaian listrik mereka. Penambahan Logika Fuzzy dapat membantu membuat prediksi pemakaian listrik berdasarkan data mengenai daya dan total energi pada rumah tangga (Suprpto & Simanjuntak, 2020). Dengan penambahan Logika Fuzzy, pelanggan dapat lebih mudah dalam mengambil keputusan terkait pemakaian listrik mereka.

Untuk mengembangkan sistem yang telah dibuat sebelumnya, dirancang sistem pemantauan dan kendali pemakaian listrik rumah tangga yang dilengkapi oleh teknologi *Internet of Things* untuk koneksi antara perangkat dengan *smartphone* yang memungkinkan pelanggan untuk mengetahui data pemakaian listrik secara *real-time*, sehingga dapat menentukan keputusan secara langsung. Selain itu, ditambahkan juga sistem *Fuzzy Logic* untuk membantu pelanggan dalam mengambil keputusan tentang bagaimana tingkat pemakaian listrik mereka. Dengan dikembangkannya sistem pemantauan dan kendali konsumsi listrik pada rumah tangga, diharapkan dapat membantu pelanggan dalam memperhatikan pemakaian listrik mereka dan mengambil keputusan yang lebih baik.

34

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana merancang sistem yang mampu memantau dan mengendalikan konsumsi listrik rumah tangga menggunakan implementasi Logika Fuzzy dan *Internet of Things*?
2. Bagaimana cara kerja dari sistem pemantauan dan kendali konsumsi listrik rumah tangga dengan Logika Fuzzy dan *Internet of Things*?
3. Bagaimana tingkat akurasi dari sistem pemantauan dan kendali konsumsi listrik rumah tangga dengan Logika Fuzzy dan *Internet of Things*?

34

1.3 Tujuan Penelitian

1. Merancang sistem untuk memantau dan mengendalikan konsumsi listrik rumah tangga menggunakan implementasi Logika Fuzzy dan *Internet of Things*.
2. Mengetahui cara kerja dari sistem pemantauan dan kendali konsumsi listrik rumah tangga dengan Logika Fuzzy dan *Internet of Things*.
3. Mengukur tingkat akurasi dari sistem pemantauan dan kendali konsumsi listrik rumah tangga dengan Logika Fuzzy dan *Internet of Things*.

79

1.4 Batasan Masalah

1. Penelitian ini hanya mencakup pada perancangan prototipe, sehingga belum mencakup implementasi dalam skala riil.
2. Sistem yang dirancang ditargetkan untuk rumah tangga dengan batas daya 900 VA.

1.5 Sistematika Penulisan

Struktur penulisan pada penelitian tugas akhir ini diatur dengan sistematika berikut ini.

BAB I PENDAHULUAN

Bagian ini mencakup latar belakang, rumusan masalah, tujuan penulisan, batasan masalah, serta sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bagian ini berisi tinjauan dari berbagai literatur yang relevan dengan topik penelitian untuk mencapai tujuan yang ditetapkan.

57

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bagian ini menjelaskan metodologi yang digunakan dalam penelitian, serta gambaran umum sistem yang akan dirancang dan diimplementasikan.

16

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini memaparkan hasil penelitian, termasuk data yang diperoleh dan analisis yang dilakukan untuk menghasilkan kesimpulan yang diperlukan.

42

BAB V

PENUTUP

Bagian ini berisi kesimpulan yang diambil dari hasil penelitian serta saran untuk pengembangan lebih lanjut di masa mendatang.

68

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Karakteristik Sumber Listrik

Energi listrik yang digunakan di Indonesia berasal dari berbagai jenis pembangkit yang menghasilkan arus bolak-balik (AC), seperti Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU), Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD), serta pembangkit listrik lainnya. Sumber-sumber ini menjadi pilar utama dalam memenuhi kebutuhan listrik masyarakat secara luas.

2.1.1 Arus Listrik Bolak-balik (AC)

Alternating Current (AC) atau arus listrik bolak-balik merupakan tipe arus listrik yang nilainya berubah-ubah secara periodik (Gideon & Saragih, 2019). Sumber arus ini umumnya dihasilkan melalui proses induksi elektromagnetik, baik berasal dari generator AC yang dioperasikan oleh Perusahaan Listrik Negara (PLN) maupun oleh generator portabel (genset AC). Pada rumah tangga, arus AC dapat digunakan untuk mengoperasikan berbagai perangkat elektronik dan listrik seperti lampu, kipas angin, dan perangkat elektronik rumah tangga lainnya.

2.1.2 Tegangan dan Arus RMS

Tegangan dan Arus bolak-balik (AC) umumnya diukur menggunakan nilai RMS (*Root Mean Square*), yang merupakan akar kuadrat dari nilai rata-rata fungsi kuadrat gelombang tersebut. Notasi yang digunakan untuk menyatakan nilai RMS adalah V_{RMS} atau I_{RMS} . Nilai RMS sering disebut sebagai "nilai efektif" dan ditulis sebagai V_{eff} dan I_{eff} . Nilai RMS dapat diperoleh dengan mengambil sampel data dengan frekuensi yang sama di sepanjang gelombang (Nanda et al., 2020). Dengan mengukur nilai arus dan tegangan RMS, dapat ditentukan nilai Faktor Daya ($\cos\phi$), Daya Semu (S), Daya Aktif (P), serta Daya Reaktif (Q).

2.1.3 Daya Semu (*Apparent Power*)

Daya semu (S) adalah hasil perkalian dari nilai tegangan dan arus dalam suatu penghantar. Daya ini merupakan total energi listrik yang mengalir melalui sistem, baik sebagai daya yang dihasilkan oleh pembangkit listrik maupun sebagai energi yang mengalir dalam sistem distribusi. Daya semu terdiri dari dua bagian: daya aktif yang digunakan untuk melakukan pekerjaan, dan daya reaktif yang dibutuhkan untuk mempertahankan medan elektromagnetik dalam peralatan listrik (Sulasno, 2001; dalam Toba et al., 2023). Konsep ini penting dalam analisis dan pengelolaan sistem listrik untuk memastikan penggunaan energi listrik yang optimal. Daya semu diperoleh menggunakan persamaan (2.1) berikut:

$$S = V \cdot I \quad (2.1)$$

Keterangan:

S : Daya Semu (VA) V : Tegangan (V)

I : Arus (I)

2.1.4 Daya Aktif (*Active Power*)

Daya aktif (P) merupakan jumlah energi listrik yang dikonsumsi oleh pengguna untuk menggunakan peralatan elektronik dan listrik sehari-hari. Biaya energi ini ditentukan berdasarkan pengukuran kWh meter dan tidak dapat bernilai nol karena setiap perangkat membutuhkan energi untuk beroperasi. Energi listrik mengalir dari sumber listrik ke beban dengan nilai rata-rata yang tidak nol (Surhadi, 2008; dalam Toba et al., 2023). Daya aktif diperoleh melalui persamaan (2.2) berikut:

$$P = V \cdot I \cdot \cos\phi \quad (2.2)$$

Keterangan:

P : Daya Aktif (W) V : Tegangan (V)

I : Arus (I) $\cos\phi$: Faktor Daya

2.1.5 Daya Reaktif (*Reactive Power*)

Daya reaktif merupakan komponen daya yang tidak secara langsung dimanfaatkan oleh konsumen dalam penggunaan listrik, namun hadir dalam jaringan listrik sebagai hasil dari pembentukan medan magnet pada peralatan listrik yang bersifat induktif (Toba et al., 2023). Dua jenis daya reaktif yang umum adalah daya reaktif panas, yang disebabkan oleh resistansi dalam peralatan, dan daya reaktif mekanik, yang terjadi dalam peralatan listrik yang melibatkan gerakan mekanis. Daya reaktif dihitung melalui persamaan (2.3) berikut:

$$Q = V \cdot I \cdot \sin\phi \quad (2.3)$$

⁴
Keterangan:

Q : Daya Reaktif (VAR) I : Arus (I)
V : Tegangan (V) $\cos\phi$: Faktor Daya

2.1.6 Faktor Daya (*Power Factor*)

Faktor daya merupakan rasio antara daya aktif (dinyatakan dalam watt atau W) dengan total daya (dinyatakan dalam volt-ampere atau VA), atau merupakan nilai kosinus dari sudut antara total daya dan daya aktif. Ketika daya reaktif meningkat, nilai kosinus sudut juga meningkat, yang mengakibatkan penurunan faktor daya. Faktor daya selalu lebih rendah atau sama dengan satu (Esye & Lesmana, 2021).

$$\text{Faktor Daya} = \cos\phi = \frac{P}{S} \quad (2.4)$$

Keterangan:

⁷⁸
P : Daya Aktif (W)
S : Daya Semu (VA)

2.2 Tarif Listrik PLN

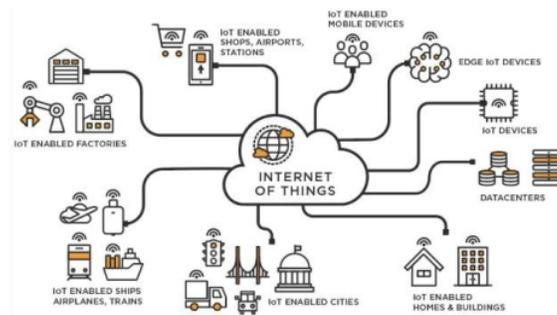
Untuk mengetahui biaya konsumsi listrik, dapat dihitung dengan mengalikan total energi listrik yang digunakan (dalam kWh) dengan tarif listrik per kilowatt-hour (Rp/kWh). Dilansir dari Kompas (Arnani, 2024), berikut tarif listrik per kWh untuk pelanggan non-subsidi yang berlaku sejak bulan Januari 2024.

Tabel 2.1 Tarif Listrik PLN non-subsidi per Januari 2024

No.	Golongan	Batas Daya	Tarif Listrik (per kWh)
1.	R-1/TR	900 VA	Rp 1.352
2.	R-1/TR	1.300 VA	Rp 1.444,70
3.	R-1/TR	2.200 VA	Rp 1.444,70
4.	R-2/TR	3.500 - 5.500 VA	Rp 1.699,53
5.	R-3/TR	6.600 VA ke atas	Rp 1.699,53
6.	B-2/TR	6.600 VA - 200 kVA	Rp 1.444,70
7.	P-1/TR	6.600 VA - 200 kVA	Rp 1.699,53
8.	P-3/TR	di atas 200 kVA	Rp 1.699,53

2.3 Internet of Things (IoT)

Menurut *Coordinator and Support Action for Global RFID-related Activities Standardisation (CASAGRAS)* (dalam Prawiyogi & Anwar, 2023), *Internet of Things (IoT)* meru sebuah infrastruktur jaringan yang memungkinkan koneksi antara objek fisik (*things*) dengan dunia virtual menggunakan teknologi komunikasi. Dalam keseharian, IoT memberikan kemungkinan untuk memantau dan mengendalikan berbagai aspek seperti makanan, elektronik, koleksi, peralatan, dan bahkan benda hidup. Sebagai contoh, IoT dapat digunakan untuk memonitor suhu dan kelembaban dalam penyimpanan makanan, menjaga kualitas produk elektronik, mengelola inventaris koleksi, dan mengontrol penggunaan peralatan rumah tangga. Perangkat-perangkat tersebut dapat terhubung ke jaringan melalui sensor tertanam yang selalu aktif, sehingga memungkinkan akses dan interaksi yang mudah dari jarak jauh.

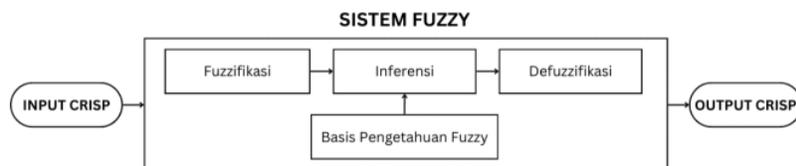


Gambar 2.1. *Internet of Things*
(sumber: www.visiniaga.com)

2.4 Logika Fuzzy

Menurut (Setia & Ramadhan, 2019),⁸ Logika Fuzzy (*Fuzzy Logic*) merupakan suatu logika yang memiliki nilai kekaburan atau kesamaran (*fuzzyness*) antara benar atau salah. Logika Fuzzy menggunakan variabel di dalam rentang bilangan riil diantara 0 dan 1 untuk mengatasi ketidakpastian dalam informasi. Secara mendasar, Logika Fuzzy dapat digunakan untuk menyelesaikan berbagai jenis masalah dan dapat diterapkan dalam berbagai sistem, baik yang sederhana maupun kompleks, seperti sistem kontrol, jaringan PC, dan sistem lainnya.⁸⁸³¹

Logika Fuzzy terdiri dari tiga tahapan, yaitu Fuzzifikasi, Inferensi, dan Defuzzifikasi. Fuzzifikasi adalah langkah di mana *input crisp* diubah menjadi variabel linguistik berdasarkan fungsi keanggotaan. Kemudian, inferensi merupakan tahap penerapan aturan *IF-THEN* yang telah ditetapkan. Terakhir yaitu tahap defuzzifikasi yang merupakan proses konversi dari tahap inferensi menjadi output yang berupa nilai *crisp* kembali (Setiawan et al., 2018).



Gambar 2.2 Tahapan Logika Fuzzy

2.5 Metode Fuzzy Mamdani

Fuzzy Mamdani adalah suatu metode pengambilan keputusan berbasis fuzzy yang dikembangkan pada tahun 1975 oleh Ebrahim Mamdani. Metode ini menggunakan aturan-aturan linguistik dalam bentuk *IF-THEN* untuk mengubah input yang tidak pasti menjadi output yang juga tidak pasti, yang diubah menjadi nilai numerik sehingga dapat diterima oleh manusia (Burhanuddin, 2023).

2.5.1 Fuzzifikasi

Fuzzifikasi merupakan tahapan dimana nilai *input* yang merupakan nilai *crisp* diubah ke dalam nilai fuzzy yang berupa variabel linguistik dan derajat keanggotaan yang telah dihitung berdasarkan fungsi keanggotaan yang telah ditetapkan. (Asriyanik & Tarwati, 2020)

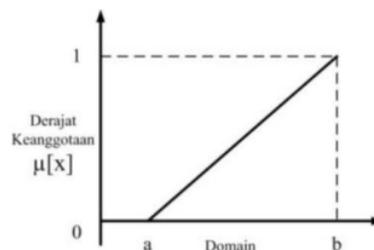
Fungsi keanggotaan (*membership function*) merupakan grafik yang menggambarkan pemetaan titik-titik *input* data ke dalam derajat keanggotaan dengan interval 0 hingga 1 (Setiawan et al., 2018). Dalam menentukan derajat keanggotaan, dapat dilakukan melalui pendekatan fungsi. Berikut merupakan beberapa grafik (kurva) yang umum digunakan pada fungsi keanggotaan fuzzy.

1) Representasi Linier

Pada representasi linier, pemetaan input ke derajat keanggotaan direpresentasikan sebagai garis lurus.

- Linear naik

Garis lurus dimulai pada nilai domain dengan derajat keanggotaan 0 (nol), kemudian bergerak ke kanan menuju nilai domain dengan derajat keanggotaan yang lebih tinggi.



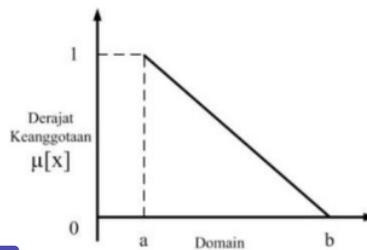
Gambar 2.3 Representasi Linear Naik

Fungsi keanggotaan:

$$\mu(x) = \begin{cases} 0 & ; \quad x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a} & ; \quad a \leq x \leq b \\ 1 & ; \quad x \geq b \end{cases}$$

3
Linear turun

Garis lurus dimulai dari nilai domain dengan derajat keanggotaan tertinggi dan menurun ke kanan menuju nilai domain dengan derajat keanggotaan yang lebih rendah, sehingga berkebalikan dengan pola kenaikan linear.



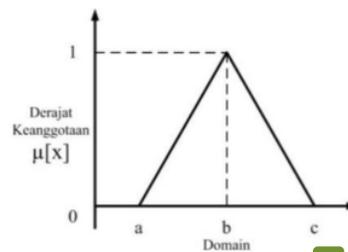
11
Gambar 2.4 Representasi Linear Turun

Fungsi keanggotaan:

$$\mu(x) = \begin{cases} 1 & ; \quad x \leq a \\ \frac{b-x}{b-a} & ; \quad a \leq x \leq b \\ 0 & ; \quad x \geq b \end{cases}$$

2) Representasi Kurva Segitiga

Kurva segitiga diperoleh dari gabungan kedua kurva garis, sehingga akan terdapat 3 parameter yaitu ²¹{a, b, c}.



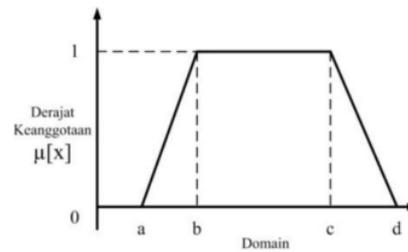
22
Gambar 2.5 Fungsi Keanggotaan Segitiga

Fungsi keanggotaan:

$$\mu(x) = \begin{cases} 0 & x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ \frac{x-a}{b-a} & a \leq x \leq b \\ 1 & b \\ \frac{c-x}{c-b} & b \leq x \leq c \end{cases}$$

3) Representasi Trapesium

Kurva segitiga merupakan gabungan dari representasi 2 garis, sehingga akan terdapat 3 parameter yaitu $\{a, b, c\}$.



Gambar 2.6 Fungsi Keanggotaan Trapesium

Fungsi keanggotaan:

$$\mu(x) = \begin{cases} 0 & x \leq a \text{ atau } x \geq d \\ \frac{x-a}{b-a} & a \leq x \leq b \\ 1 & b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c} & c \leq x \leq d \end{cases}$$

2.5.2 Inferensi

Inferensi adalah proses untuk mendapatkan informasi berdasarkan data yang diketahui atau diperkirakan (Setiawan et al., 2018). Pada tahap ini, input yang telah diubah menjadi himpunan Fuzzy akan diproses berdasar basis pengetahuan Fuzzy yang berisi aturan-aturan. Adapun metode inferensi yang biasa digunakan pada metode Fuzzy Mamdani yaitu metode MIN-MAX.

2.5.3 Defuzzifikasi

Tahap defuzzifikasi merupakan tahapan dimana nilai yang berupa himpunan fuzzy akan dikonversikan ke dalam bentuk *crisp* (Setiawan et al., 2018). Dalam metode Mamdani, proses defuzzifikasi dapat

dilakukan menggunakan berbagai metode diantaranya *Centroid*, *Mean of Maximum*, *Bisektor*, *Smallest of Maximum* atau *Largest of Maximum*.

10
2.6

PZEM-004T

PZEM-004T adalah sebuah modul sensor elektronik yang dapat mengukur berbagai parameter listrik dari berbagai beban yang terhubung dengan modul tersebut. Besaran yang dapat diukur oleh modul sensor ini diantaranya, tegangan (V), arus (A), daya aktif (P), faktor daya (*power factor*), frekuensi, dan energi. Di dalam modul ini, terdapat sensor tegangan dan sensor arus yang bersifat *non-invasive* dan telah saling terhubung. Dalam penggunaannya, modul sensor ini dirancang khusus untuk digunakan di dalam ruangan saja, dan tidak boleh digunakan dengan beban yang melebihi daya yang telah ditentukan (Dwisaputra et al., 2021).

Pada PZEM-004T, akses data dilakukan melalui antarmuka TTL yang bersifat pasif, sehingga memerlukan pasokan daya eksternal sebesar 5V. Untuk melakukan komunikasi, keempat port yaitu 5V, RX, TX, dan GND harus terhubung dengan benar. Tanpa koneksi yang tepat pada keempat port tersebut, komunikasi tidak akan berhasil terjadi (Anwar et al., 2019).



Gambar 2.7 Modul Sensor PZEM-004T

(sumber: www.nn-digital.com)

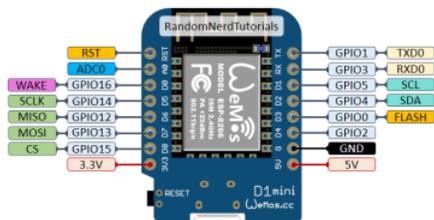
Menurut Yulistiani (2023), berikut merupakan spesifikasi modul sensor PZEM-004T.

³ Tabel 2.2 Spesifikasi Modul Sensor PZEM-004T

Parameter	Spesifikasi Pengukuran
Listrik	
Tegangan	Range pengukuran: 80 ~ 260 V
	Resolusi: 0.1 V
	Akurasi pengukuran: 0.5%
Arus	Range pengukuran: 0 ~ 10A pada PZEM-004T-10A; dan 0 ~ 100A pada PZEM-004T-100A
	Mulai pengukuran: 0.01A pada PZEM-004T-10A; dan 0.02A pada PZEM-004T-100A
	Resolusi: 0.001 A
	Akurasi pengukuran: 0.5%
Daya Aktif	Range pengukuran: 0 ~ 2.3 kW pada sensor PZEM -004 T-10A; dan 0 ~ 23 kW untuk sensor PZEM -004 T-100A
	Mulai pengukuran: 0.4W
	Resolusi: 0.1 W
	Akurasi pengukuran: 0.5%
	Format tampilan: untuk daya <1000W ditulis dengan 1 desimal (999.9W); dan untuk ≥1000W tanpa desimal (1000W)
Faktor Daya	Range pengukuran: 0.00 ~ 1
	Resolusi: 0.01
	Akurasi pengukuran: 1%
Frekuensi	Range pengukuran: 45 ~ 65 Hz
	Resolusi: 0.1 Hz
	Akurasi pengukuran: 0.5%
Energi	Range pengukuran: 0 ~ 9999.99 kWh
	Resolusi: 1 wH
	Akurasi pengukuran: 0.5%
	Format tampilan: untuk energi <10kWh ditulis dengan satuan Wh (9999Wh); dan untuk ≥10kWh ditulis dengan kWh (9999.99kWh)

1
2.7 Wemos D1 Mini

Wemos D1 mini adalah *board* berbasis ESP8266 yang terkenal karena kinerjanya yang andal dan harganya yang terjangkau. ESP8266 memungkinkan perangkat mikrokontroler seperti Arduino untuk terhubung ke Internet melalui WiFi. Salah satu keunggulan Wemos D1 mini yaitu kemampuannya dalam beroperasi secara mandiri tanpa perlu tambahan mikrokontroler lain seperti Arduino. Dengan demikian, board ini dapat digunakan secara mandiri, karena mampu memproses kode program yang diberikan secara langsung (Abrianto et al., 2021).



Gambar 2.8. *Pin Out* Wemos D1 Mini
(sumber: www.randomnerdtutorials.com)

2.8 Penelitian Terdahulu

Dalam memperkuat gagasan penelitian dan merancang metode penelitian yang dapat dilaksanakan, penelitian ini merujuk pada penelitian-penelitian sebelumnya yang relevan. Beberapa penelitian tersebut dipaparkan melalui Tabel berikut.

Tabel 2.3 Penelitian Terdahulu

Judul	Tipe	Ringkasan
Suhanto, Prabowo, A. S., Sudjoko, R. I., & Suryono, W. (2020). <i>The Electrical Energy Usage of Monitoring System at Real-Time</i>	Sistem Monitoring dan Kontrol Pemakaian Listrik Menggunakan	Penelitian ini merancang dan mengimplementasikan sistem monitoring penggunaan energi listrik secara real-time dengan memanfaatkan teknologi Internet of Things (IoT). Sistem ini terdiri dari mikrokontroler yang dapat

<p>71 <i>Using IoT as the Primary Policy of Energy Efficiency</i></p>	<p>ESP32 dan PZEM-004T</p>	<p>berkomunikasi melalui jaringan WiFi, sistem pengukuran energi listrik menggunakan modul PZEM-004T, dan perangkat kontrol beban menggunakan Solid State Relay (SSR).</p>
<p>59 Suprpto, H., & Simanjuntak, P. (2020). <i>Fuzzy Logic Untuk Memprediksi Pemakaian Listrik</i></p>	<p>Sistem Prediksi Tingkat Pemakaian Listrik Rumah Tangga dengan Logika Fuzzy Metode Mamdani.</p>	<p>Penelitian ini mengimplementasikan Metode Mamdani dalam Logika Fuzzy untuk memperkirakan tingkat konsumsi listrik. Sistem ini dikembangkan menggunakan aplikasi Matlab, dengan input berupa daya, total kWh, dan waktu. Keunggulannya dari penelitian ini ialah keakuratan sistem yang cukup tinggi, terbukti dari hasil perhitungan manual sebesar 50,766 dan pengujian menggunakan Matlab sebesar 50. Namun, masih ada kekurangan yaitu pengumpulan data masih manual dan belum diintegrasikan dengan sistem monitoring untuk pengukuran <i>real-time</i>.</p>
<p>Dwisaputra, I., Yudhi, Y., Angrainy, K., & Novaldy, S. (2021). <i>Kontrol dan Monitoring Stop</i></p>	<p>Sistem Monitoring Konsumsi Listrik Pada Stop Kontak Menggunakan PZEM-004T,</p>	<p>Penelitian ini melakukan modifikasi pada stop kontak sehingga dapat memantau dan mengatur perangkat yang terpasang. Stop kontak dihubungkan dengan aplikasi</p>

<p>Kontak Berbasis Android</p>	<p>Arduino UNO R3, dan Bluetooth.</p>	<p>berbasis android melalui koneksi Bluetooth menggunakan modul HC-05. Aplikasi yang dibuat dapat menyajikan informasi tentang konsumsi daya (dalam VA) dan biaya yang diperlukan oleh perangkat yang terhubung, serta menampilkan konsumsi daya dan biaya perangkat yang terhubung. Selain itu, aplikasi juga sudah dilengkapi dengan sistem kontrol yang dikoneksikan melalui Bluetooth. Meskipun demikian, sistem ini memiliki keterbatasan terkait koneksi karena menggunakan Bluetooth, sehingga jarak maksimalnya hanya 10 meter. Selain itu, satuan daya yang digunakan masih dalam bentuk VA dan bukan kWh.</p>
<p>²⁵ Jokanan, J. W., Widodo, A., Kholis, N., & Rakhmawati, L. (2022). Rancang Bangun Alat Monitoring Daya Listrik Berbasis IoT Menggunakan Firebase dan Aplikasi</p>	<p>²³ Sistem Monitoring Listrik Menggunakan PZEM-004T, NodeMCU, dan Firebase</p>	<p>²⁰ Penelitian ini merancang alat monitoring daya listrik berbasis IoT menggunakan sensor PZEM-004T, platform Firebase, dan ²³ aplikasi Android. Alat ini dapat menampilkan nilai tegangan, arus, daya listrik, dan estimasi biaya, serta memberikan ⁶² notifikasi apabila arus dan daya melebihi batas yang ditentukan. Kelebihan alat ini yaitu dapat terintegrasi dengan Firebase sehingga</p>

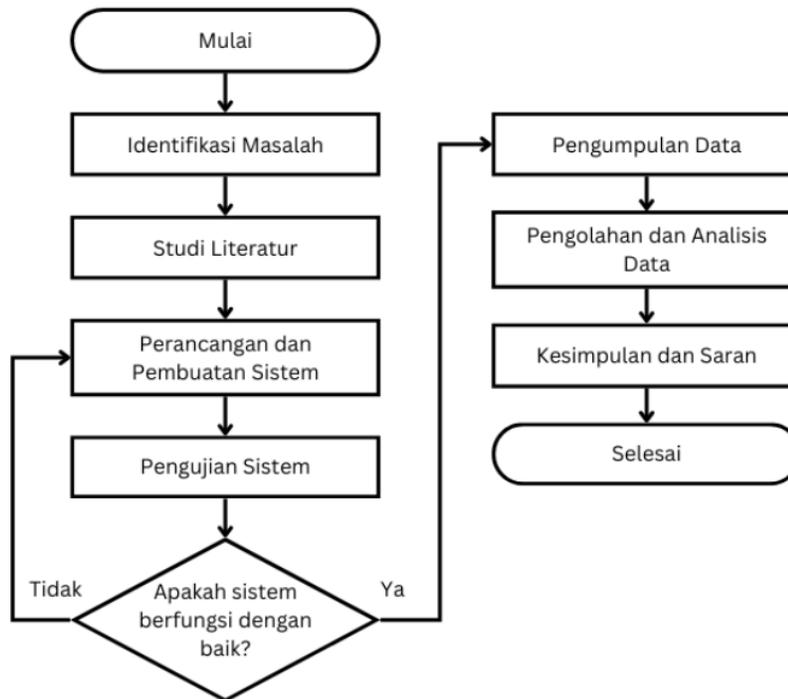
		memungkinkan penyimpanan data yang dapat diakses kapan saja melalui aplikasi Android. Namun, hal ini tentunya akan bergantung kepada koneksi internet. Alat ini juga belum mampu mengendalikan pemakaian listrik.
17 Msimbe, H., Wilson, D., Salim, J., & Rwegoshora, F. (2022). <i>Development of IoT-Based System for Monitoring Electrical Energy Consumption of the Smart and Rental Houses in Tanzania</i>	Sistem Monitoring Listrik Menggunakan SCT-013-030, ESP32, dan GSM SIM800.	Penelitian ini membuat sistem yang mampu mengukur konsumsi daya secara <i>real-time</i> dan mengirimkan data melalui Wi-Fi, serta mengirim pesan <i>offline</i> melalui modul GSM. Sistem ini sudah dilengkapi dengan backup baterai dan stabilisator tegangan otomatis. Namun sistem ini memiliki fitur pemadaman otomatis saat batas maksimum tercapai, yang mungkin tidak diinginkan dalam beberapa situasi.
Wirasasmita, R. H., Prihatmoko, D., & Supriyadi, M. (2022). <i>Sistem Monitoring Pemakaian Daya Listrik Pada kWh Meter Menggunakan Arduino dan SMS Gateway</i>	Sistem Monitoring Listrik Menggunakan ACS712-30A, ZMPT101B, Arduino UNO R3 dan GSM SIM800L.	Penelitian ini merancang sistem monitoring listrik yang dapat memantau pemakaian daya listrik secara real-time melalui <i>display LCD</i> . Selain itu, alat ini juga dapat mengirimkan informasi pemakaian daya dan biaya melalui SMS Gateway kepada pengguna. Namun, alat ini belum dapat terhubung dengan internet,

		sehingga pengguna hanya dapat memantau melalui LCD karena SMS hanya dikirimkan sekali dalam sehari.
Nugraha, D. A. ⁴⁸ (2023). <i>Telegram Application for Monitoring, Controlling and Protecting the Consumption of Household Electrical Appliances.</i>	Sistem Monitoring dan Kontrol Listrik Menggunakan PZEM-004T, NodeMCU, dan Telegram	Penelitian ini mengimplementasikan Internet of Things (IoT) untuk memantau dan mengendalikan peralatan listrik rumah tangga yang melalui aplikasi Telegram dan LCD 16x2. Namun, untuk pemantauan melalui telegram hanya dapat dilakukan dengan mengirimkan pesan, sehingga tidak dapat secara otomatis menampilkan data.

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

Dalam prosesnya, penelitian ini berlangsung secara bertahap. Adapun tahap penelitian dapat diilustrasikan melalui **diagram alir berikut.**



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

Penelitian diawali dengan melakukan identifikasi masalah yang memahami dan membatasi ruang lingkup penelitian yang berfokus pada perancangan sistem untuk memantau dan mengatur pemakaian listrik di rumah tangga menggunakan Logika Fuzzy dan Internet of Things (IoT). Proses berlanjut dengan mengumpulkan literatur yang relevan, termasuk jurnal dan penelitian-penelitian sebelumnya.

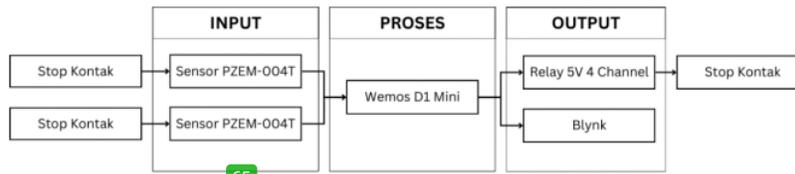
Setelah memperoleh informasi yang cukup, langkah berikutnya adalah merancang dan membuat sistem sesuai dengan tujuan penelitian. Setelah selesai, dilakukan pengujian dengan tujuan memastikan bahwa sistem yang dibuat dapat bekerja sesuai dengan tujuan. Kemudian, dilakukan pengumpulan data untuk diolah

dan analisis. Berdasarkan hasil analisis dari data yang sudah diolah, ditarik kesimpulan dan saran untuk mengakhiri penelitian.

3.1 Perancangan dan Pembuatan Alat

Sistem pemantauan dan kendali ini terbagi menjadi dua bagian utama, yaitu perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*). Perangkat keras sendiri terdiri dari komponen fisik seperti sensor, mikrokontroler, dan aktuator. Sedangkan perangkat lunak terdiri dari berbagai *platform* yang dapat membantu dalam pembuatan sistem.

Untuk memudahkan proses perancangan, dibuatlah diagram blok untuk memisahkan fungsi dari masing-masing komponen, baik perangkat keras maupun perangkat lunak.



Gambar 3.2. Diagram Blok Sistem

Berdasarkan diagram blok tersebut, dapat diketahui bahwa sistem menggunakan sensor PZEM-004T sebagai perangkat input, Wemos D1 Mini sebagai perangkat pemroses, serta Relay dan aplikasi Blynk sebagai komponen output.

Sistem ini menggunakan 2 buah sensor PZEM-004T untuk memantau pemakaian listrik pada dua ruangan yang berbeda secara terpisah. Hal ini dimaksudkan agar pengguna dapat melihat konsumsi listrik dari masing-masing ruangan, sehingga dimungkinkan akan membantu pengguna dalam membuat keputusan yang lebih baik jika perlu mematikan salah satu perangkat di suatu ruangan melalui sistem kontrol telah tersedia.

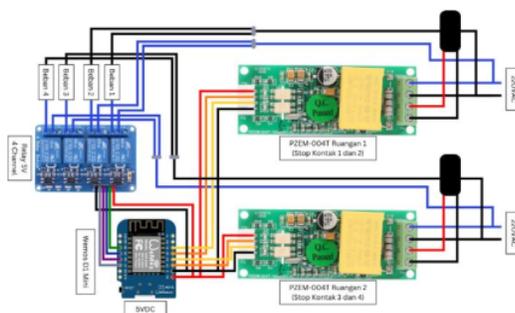
3.1.1 Perancangan *Hardware*

Tabel 3.1 Komponen Pada Sistem

No.	Komponen	Keterangan
1.	Wemos D1 Mini	Sebagai perangkat pemroses.

2.	PZEM-004T	Sebagai sensor untuk mengukur besaran-besaran listrik pada rumah.
3.	Relay 4 Channel	Memutus dan menghubungkan arus listrik ke stop kontak.
4.	Breadboard	Menyusun komponen elektronika tanpa proses penyolderan.
5.	Jumper	Sebagai penghubung antar komponen elektronika.
6.	Stop kontak	Sebagai titik penghubung antara peralatan listrik dan sumber listrik.
7.	Kabel Listrik	Menghantarkan aliran listrik dari sumber ke stop kontak.
8.	Steker (<i>Plug</i>)	Mengalirkan arus listrik dari stop kontak ke perangkat elektronik.
9.	Adaptor 5V DC	Mengubah tegangan listrik AC menjadi 5VDC untuk sumber listrik Wemos D1 Mini
10.	Kabel Micro USB	Mengalirkan arus listrik DC dari Adaptor ke Wemos D1 Mini

Dengan merancang komponen-komponen tersebut menjadi sebuah perangkat yang saling terhubung, dapat dibuat sebuah sistem yang berfungsi sesuai dengan rencana. Berikut ini adalah gambaran skema alat yang akan dibuat.



Gambar 3.3. Skema Alat

Adapun langkah dari perakitan *hardware* yaitu sebagai berikut.

- 1) Menghubungkan pin pada kedua sensor PZEM-004T dan Relay ke pin Wemos D1 Mini.
- 2) Membagi kabel sumber listrik AC menjadi dua bagian untuk dihubungkan pada PZEM-004T.
- 3) Untuk kabel yang menuju stop kontak beban terpasang, salah satu kabel akan dibuat melalui trafo arus (CT) pada sensor terlebih dahulu.
- 4) Sebelum dihubungkan ke stop kontak, kabel akan dipasang terlebih dahulu ke relay.
- 5) Hubungkan Wemos D1 Mini dengan USB yang terhubung ke adaptor 5V sebagai sumber listrik.

3.1.2 Perancangan *Software*

Dalam proses perancangan sistem, perangkat lunak memiliki peranan yang tidak kalah penting. Perangkat lunak membantu mengintegrasikan berbagai komponen dan memastikan sistem berjalan sesuai dengan tujuan yang diinginkan. Dalam proses perancangan sistem, berikut merupakan platform yang digunakan.

3.1.2.1 Arduino IDE

Software ini digunakan untuk melakukan komputasi terhadap Wemos D1 Mini agar dapat membaca data hasil pengukuran yang dilakukan oleh sensor PZEM-004T, serta mengirimkannya ke Blynk untuk dapat ditampilkan sebagai sistem monitoring. Pada *software* ini juga dilakukan pemrograman logika fuzzy menggunakan bantuan *library* yang telah disediakan.

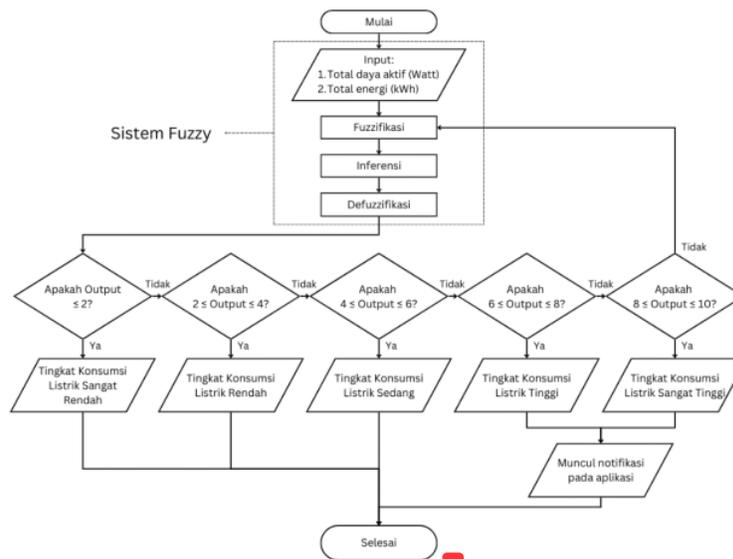
3.1.2.2 Blynk

Platform Blynk berfungsi sebagai *interface* untuk menampilkan data hasil pengukuran besaran listrik yang telah dikirimkan oleh Arduino IDE. Selain itu, pengguna juga dapat melakukan pengontrolan perangkat listrik yang telah terhubung melalui sistem kontrol yang ada di aplikasi ini secara *realtime*.

Pada aplikasi ini juga tersedia fitur notifikasi yang dapat diatur pada kode program Arduino IDE.

3.2 Pemrograman Logika Fuzzy

Implementasi Logika Fuzzy digunakan untuk mengetahui bagaimana tingkat konsumsi listrik pada suatu rumah tangga. Adapun metode Fuzzy yang diterapkan dalam sistem ini adalah metode Mamdani Fuzzy Inference System (MFIS). Berikut diagram alir dari proses Logika Fuzzy yang dibuat.



Gambar 3.4 Diagram Alir Logika Fuzzy

3.2.1 Variabel Himpunan Fuzzy

Seperti yang tertera pada diagram alir, Sistem Logika Fuzzy terdiri 2 variabel input yaitu Total Energi dan Total Daya Aktif, dan 1 variabel output yaitu Tingkat Konsumsi Listrik.

Tabel 3.2 Variabel Himpunan Fuzzy

Variabel	Himpunan	Semesta	Domain
Total Energi (kWh)	Sangat rendah	[0, 10]	[0, 1]
	Rendah		[0.5, 2.5]
	Sedang		[2, 4]

	Tinggi		[3.5, 5.5]
	Sangat tinggi		[5, 10]
Total Daya Aktif (W)	Sangat rendah		[0, 150]
	Rendah		[100, 300]
	Sedang	[0, 900]	[250, 450]
	Tinggi		[400, 600]
	Sangat tinggi		[550, 900]
Tingkat Konsumsi Listrik	Sangat rendah		[0, 2]
	Rendah		[2, 4]
	Normal	[0, 10]	[4, 6]
	Tinggi		[6, 8]
	Sangat tinggi		[8, 10]

3.2.2 Fuzzifikasi

3.2.2.1 Total Energi (kWh)

Tabel 3.3 Derajat Keanggotaan Total Energi

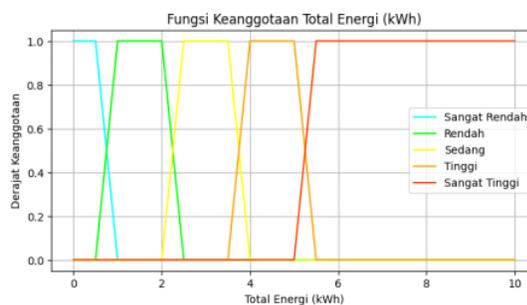
Kategori	Derajat Keanggotaan
Sangat rendah	0, 0, 0.5, 1
Rendah	0.5, 1, 2, 2.5
Sedang	2, 2.5, 3.5, 4
Tinggi	3.5, 4, 5, 5.5
Sangat tinggi	5, 5.5, 10, 10

- Fungsi Keanggotaan Total Energi:

$$\mu_{Sangat\ rendah}(x) = \begin{cases} 1 & ; x \leq 0.5 \\ \frac{1-x}{1-0.5} & ; 0.5 \leq x \leq 1 \\ 0 & ; x \geq 1 \end{cases}$$

$$\mu_{Rendah}(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq 0.5 \text{ atau } x \geq 2.5 \\ \frac{x-0.5}{1-0.5} & ; 0.5 \leq x \leq 1 \\ 1 & ; 1 \leq x \leq 2 \\ \frac{2.5-x}{2.5-2} & ; 2 \leq x \leq 2.5 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{sedang}}(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq 2 \text{ atau } x \geq 4 \\ \frac{x-2}{2.5-2} & ; 2 \leq x \leq 2.5 \\ 1 & ; 2.5 \leq x \leq 3.5 \\ \frac{4-x}{4-3.5} & ; 3.5 \leq x \leq 4 \\ 0 & ; x \leq 3.5 \text{ atau } x \geq 5.5 \\ \frac{x-3.5}{4-3.5} & ; 3.5 \leq x \leq 4 \\ 1 & ; 4 \leq x \leq 5 \\ \frac{5.5-x}{5.5-5} & ; 4 \leq x \leq 5.5 \\ 0 & ; x \leq 5 \\ \frac{x-5.5}{5.5-5} & ; 5 \leq x \leq 5.5 \\ 1 & ; 5.5 \leq x \leq 10 \end{cases}$$



Gambar 3.5 Fungsi Keanggotaan Total Energi

3.2.2.2 Total Daya Aktif (W)

Tabel 3.4 Derajat Keanggotaan Total Daya Aktif

Kategori	Derajat Keanggotaan
Sangat rendah	0, 0, 100, 150
Rendah	100, 150, 250, 300
Sedang	250, 300, 400, 450
Tinggi	400, 450, 550, 600
Sangat tinggi	550, 600, 900, 900

- Fungsi Keanggotaan Total Daya Aktif:

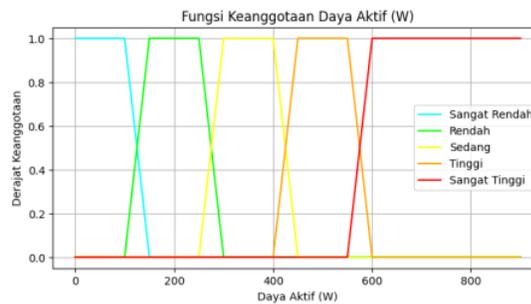
$$\mu_{Sangat\ rendah}(x) = \begin{cases} 1 & ; \quad x \leq 100 \\ \frac{150 - x}{150 - 100} & ; \quad 100 \leq x \leq 150 \\ 0 & ; \quad x \geq 150 \end{cases}$$

$$\mu_{Rendah}(x) = \begin{cases} 0 & ; \quad x \leq 100 \text{ atau } x \geq 300 \\ \frac{x - 100}{150 - 100} & ; \quad 100 \leq x \leq 150 \\ 1 & ; \quad 150 \leq x \leq 250 \\ \frac{400 - x}{400 - 300} & ; \quad 250 \leq x \leq 300 \end{cases}$$

$$\mu_{Sedang}(x) = \begin{cases} 0 & ; \quad x \leq 250 \text{ atau } x \geq 450 \\ \frac{x - 250}{300 - 250} & ; \quad 250 \leq x \leq 300 \\ 1 & ; \quad 300 \leq x \leq 400 \\ \frac{450 - x}{450 - 400} & ; \quad 400 \leq x \leq 450 \end{cases}$$

$$\mu_{Tinggi}(x) = \begin{cases} 0 & ; \quad x \leq 400 \text{ atau } x \geq 600 \\ \frac{x - 400}{450 - 400} & ; \quad 400 \leq x \leq 450 \\ 1 & ; \quad 450 \leq x \leq 550 \\ \frac{600 - x}{600 - 550} & ; \quad 550 \leq x \leq 600 \end{cases}$$

$$\mu_{Sangat\ tinggi}(x) = \begin{cases} 0 & ; \quad x \leq 550 \\ \frac{x - 550}{600 - 550} & ; \quad 550 \leq x \leq 600 \\ 1 & ; \quad 600 \leq x \leq 900 \end{cases}$$



Gambar 3.6 Fungsi Keanggotaan Total Daya Aktif

3.2.3 Inferensi (*Fuzzy Rules*)

Tabel 3.5 *Fuzzy Rules*

Total Daya Aktif (W)	Total Energi (kWh)				
	SR	R	N	T	ST
SR	SR	SR	R	N	T
R	SR	R	N	N	T
N	R	R	N	T	T
T	R	N	T	T	ST
ST	R	N	T	ST	ST

54

Keterangan:

SR : Sangat Rendah

N : Normal

R : Rendah

T : Tinggi

N : Normal

ST : Sangat Tinggi

3.2.4 Defuzzifikasi

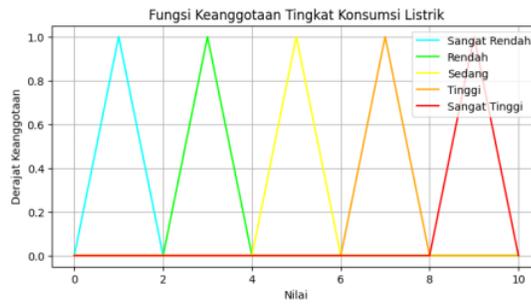
84 Pada tahap ini, variabel Fuzzy akan diubah menjadi nilai *crisp*.

Adapun fungsi keanggotaan dari variabel output ini yaitu sebagai berikut.

Tabel 3.6 Fungsi Keanggotaan Tingkat Konsumsi Listrik

Kategori	Derajat Keanggotaan
Sangat rendah	0, 1, 2
Rendah	2, 3, 4
Sedang	4, 5, 6
Tinggi	6, 7, 8
Sangat tinggi	8, 9, 10

Berdasarkan tabel di atas, fungsi keanggotaan dari variabel Tingkat Konsumsi listrik dapat diilustrasikan yaitu dengan grafik berikut.



Gambar 3.7 Fungsi Keanggotaan

Adapun metode defuzzifikasi yang dipakai dalam penelitian ini yaitu metode *Centroid*. Dikutip dari (Setiawan et al., 2018), persamaan dari metode *Centroid* dapat dituliskan sebagai berikut.

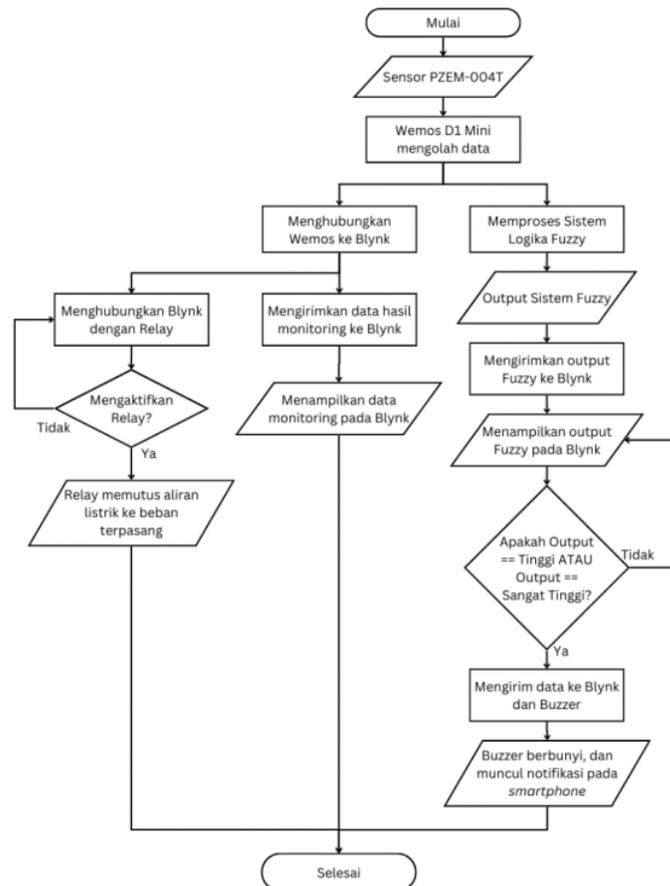
$$Z^* = \frac{\int z \cdot \mu(z) dz}{\int \mu(z) dz} \quad (3.1)$$

Keterangan:

- Z^* : Output crisp hasil defuzzifikasi
- z : Nilai variabel output Fuzzy
- $\mu(z)$: Fungsi keanggotaan output Fuzzy

3.3 Flowchart Sistem

1 Berikut adalah diagram alir (*flowchart*) sistem yang menggambarkan alur kerja dari sistem yang akan dibuat.



Gambar 3.8 Flowchart Sistem

Berdasarkan *flowchart*, dapat dilihat sistem dibagi menjadi 3 yaitu sistem pemantauan, kendali, dan *Fuzzy Logic*. Sistem pemantauan akan menampilkan data hasil pengukuran besaran listrik pada aplikasi Blynk. Sedangkan sistem kendali akan mengendalikan arus listrik yang mengalir ke stop kontak dimana perangkat elektronik tersambung. Terakhir, sistem Fuzzy berfungsi untuk memberikan status tingkat pemakaian listrik rumah tangga, dan memberikan alarm jika tingkat pemakaian tinggi.

3.4 Pengujian Sistem

Tahap pengujian alat dilakukan dengan tujuan memastikan sistem yang telah selesai dibuat mampu berfungsi sesuai dengan rancangan yang telah disusun. Pengujian dilakukan dengan mengoperasikan sistem sesuai dengan prosedur.

Pengujian pertama dilakukan pada mikrokontroler Wemos D1 Mini untuk memastikan perangkat dapat menerima data dari sensor PZEM-004T dan mengirimkannya ke aplikasi Blynk. Selanjutnya, pengujian sensor PZEM-004T dilakukan untuk memastikan sensor dapat membaca besaran listrik pada beban yang terpasang. Hasil pengukuran akan dibandingkan dengan *Tang Ampere 400A AC Aneng ST201* untuk menguji keakurasian sensor. Kemudian, relay juga diuji untuk memastikan apakah dapat memutus dan menghubungkan aliran listrik secara *real-time* melalui aplikasi Blynk.

Selain itu, dilakukan pengujian aplikasi Blynk yang mencakup tampilan data dari mikrokontroler (sistem *monitoring*) serta sistem kontrol untuk memastikan pengguna dapat mengontrol perangkat melalui aplikasi. Fitur notifikasi juga diuji untuk memastikan aplikasi dapat memberikan peringatan saat tingkat konsumsi listrik tinggi atau sangat tinggi. Kemudian, pengujian sistem logika fuzzy juga dilakukan untuk memastikan hasilnya sesuai.

3.5 Pengumpulan Data

Setelah sistem diuji dan dipastikan berjalan sesuai rencana, tahap selanjutnya yaitu pengumpulan data. Pengumpulan data dilakukan untuk mengetahui seberapa besar keberhasilan sistem yang telah dibuat. Data yang dikumpulkan meliputi data akurasi sensor, data percobaan sistem logika fuzzy, tingkat keberhasilan sistem notifikasi fuzzy, dan sistem kontrol relay melalui aplikasi Blynk, waktu tunda sistem kendali, dan percobaan keseluruhan sistem.

3.6 Pengolahan dan Analisis Data

Tahap pengolahan data bertujuan untuk menentukan akurasi dan tingkat keberhasilan dari sistem berdasarkan data yang telah dikumpulkan sebelumnya. Tingkat akurasi sistem dapat dicari berdasarkan nilai error yang

dihitung dengan mencari perbandingan dari selisih perhitungan dan nilai pada alat ukur.

$$Error = \frac{\text{selisih nilai pada sensor dan alat ukur}}{\text{nilai pada alat ukur}} \times 100\% \quad (3.2)$$

$$Akurasi = \frac{\text{nilai pada sensor}}{\text{nilai pada alat ukur}} \times 100\% \quad (3.3)$$

Sementara itu, tingkat keberhasilan dihitung berdasarkan persentase keberhasilan tugas-tugas yang dilakukan oleh sistem dibandingkan dengan total tugas yang diujikan.

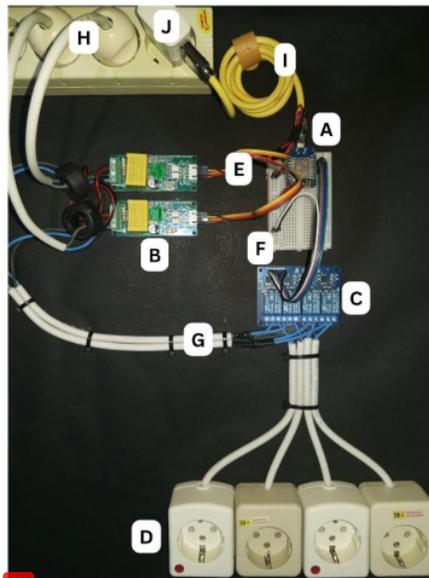
$$Tingkat\ keberhasilan = \frac{\text{Banyak percobaan sesuai}}{\text{Total percobaan}} \times 100\% \quad (3.4)$$

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Perancangan dan Pembuatan *Hardware*

Sistem terdiri dari komponen-komponen yang dihubungkan satu sama lain dengan bantuan Breadboard, kabel *jumper*, dan kabel listrik. Berikut merupakan hasil dari perancangan sistem.



73
Gambar 4.1 Hasil Perancangan *Hardware*

Berdasarkan Gambar 4.1, berikut daftar komponen yang digunakan pada sistem pemantauan dan kendali konsumsi listrik yang telah dibuat.

Tabel 4.1 Daftar Komponen Pada Sistem

Kode	Komponen	Keterangan
A	Wemos D1 Mini	Tegangan Input: 5V
B	PZEM-004T	Tegangan Input: 5V Tegangan Maksimum: 260V/100A
C	Relay 4 Channel	Tegangan Input: 5V/20mA Tegangan Maksimum: 250V/10A
D	Stop kontak	Kapasitas: 250V

E	Kabel Jumper	Male to Male dan Male to Female
F	Breadboard	Ukuran: 8.5x5.5 cm
G	Kabel Listrik	Ukuran: 2x0,75mm
H	Steker (<i>Plug</i>)	Kapasitas: 250V/16A
I	Kabel Micro USB	Panjang kabel 1 Meter
J	Adaptor 5V DC	Tegangan Input: 100-240V, 50-60HZ Tegangan Output: 5V/1A

4.2 Hasil Perancangan *Software*

4.2.1 Hasil Perancangan *Software* Arduino IDE

Software Arduino IDE digunakan untuk memrogram mikrokontroler agar dapat menjalankan sistem sesuai rancangan. Mikrokontroler Wemos D1 Mini diprogram agar dapat membaca dan mengolah data penggunaan listrik dari sensor PZEM-004T.

```

1 #define PZEM_TEMPLATE_ID "TMPL023646" // ID Template Rujuk
2 #define PZEM_TEMPLATE_NAME "Smart Energy" // Nama Template Rujuk
3 #define PZEM_AUTH_TOKEN "768e0e0c000000000000000000000000" // Auth Token Rujuk
4
5 #include <PZEM004T.h> // Library PZEM-004T
6 #include <RijukTemplate023646.h> // Library Rujuk
7 #include <Fuzzy.h> // Library Fuzzy
8
9 #define Relay0 D8 // Inisialisasi Relay 1 pada Pin D8
10 #define Relay1 D9 // Inisialisasi Relay 2 pada Pin D9
11 #define Relay2 D6 // Inisialisasi Relay 3 pada Pin D6
12 #define Relay3 D7 // Inisialisasi Relay 4 pada Pin D7
13
14 PZEM004T pzem01(D8, D9); // Inisialisasi Pin TX PZEM-004T pada Pin D8, dan RX PZEM-004T pada Pin D9
15 PZEM004T pzem02(D6, D7); // Inisialisasi Pin TX PZEM-004T pada Pin D6, dan RX PZEM-004T pada Pin D7
16
17 char ssid[] = "Wemos"; // Nama WiFi
18 char pass[] = "WEMOS1234"; // Password WiFi
19 char url[] = "BLINK_AUTH_TOKEN"; // Auth Token Rujuk
20
21 RjtkTimer timer; // Inisialisasi RjtkTimer
22
23 // Inisialisasi Variabel
24 float voltage1, current1, power1, energy1, pf1;
25 float voltage2, current2, power2, energy2, pf2;
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100
101
102
103
104
105
106
107
108
109
110
111
112
113
114
115
116
117
118
119
120
121
122
123
124
125
126
127
128
129
130
131
132
133
134
135
136
137
138
139
140
141
142
143
144
145
146
147
148
149
150
151
152
153
154
155
156
157
158
159
160
161
162
163
164
165
166
167
168
169
170
171
172
173
174
175
176
177
178
179
180
181
182
183
184
185
186
187
188
189
190
191
192
193
194
195
196
197
198
199
200
201
202
203
204
205
206
207
208
209
210
211
212
213
214
215
216
217
218
219
220
221
222
223
224
225
226
227
228
229
230
231
232
233
234
235
236
237
238
239
240
241
242
243
244
245
246
247
248
249
250
251
252
253
254
255
256
257
258
259
260
261
262
263
264
265
266
267
268
269
270
271
272
273
274
275
276
277
278
279
280
281
282
283
284
285
286
287
288
289
290
291
292
293
294
295
296
297
298
299
300
301
302
303
304
305
306
307
308
309
310
311
312
313
314
315
316
317
318
319
320
321
322
323
324
325
326
327
328
329
330
331
332
333
334
335
336
337
338
339
340
341
342
343
344
345
346
347
348
349
350
351
352
353
354
355
356
357
358
359
360
361
362
363
364
365
366
367
368
369
370
371
372
373
374
375
376
377
378
379
380
381
382
383
384
385
386
387
388
389
390
391
392
393
394
395
396
397
398
399
400
401
402
403
404
405
406
407
408
409
410
411
412
413
414
415
416
417
418
419
420
421
422
423
424
425
426
427
428
429
430
431
432
433
434
435
436
437
438
439
440
441
442
443
444
445
446
447
448
449
450
451
452
453
454
455
456
457
458
459
460
461
462
463
464
465
466
467
468
469
470
471
472
473
474
475
476
477
478
479
480
481
482
483
484
485
486
487
488
489
490
491
492
493
494
495
496
497
498
499
500
501
502
503
504
505
506
507
508
509
510
511
512
513
514
515
516
517
518
519
520
521
522
523
524
525
526
527
528
529
530
531
532
533
534
535
536
537
538
539
540
541
542
543
544
545
546
547
548
549
550
551
552
553
554
555
556
557
558
559
560
561
562
563
564
565
566
567
568
569
570
571
572
573
574
575
576
577
578
579
580
581
582
583
584
585
586
587
588
589
590
591
592
593
594
595
596
597
598
599
600
601
602
603
604
605
606
607
608
609
610
611
612
613
614
615
616
617
618
619
620
621
622
623
624
625
626
627
628
629
630
631
632
633
634
635
636
637
638
639
640
641
642
643
644
645
646
647
648
649
650
651
652
653
654
655
656
657
658
659
660
661
662
663
664
665
666
667
668
669
670
671
672
673
674
675
676
677
678
679
680
681
682
683
684
685
686
687
688
689
690
691
692
693
694
695
696
697
698
699
700
701
702
703
704
705
706
707
708
709
710
711
712
713
714
715
716
717
718
719
720
721
722
723
724
725
726
727
728
729
730
731
732
733
734
735
736
737
738
739
740
741
742
743
744
745
746
747
748
749
750
751
752
753
754
755
756
757
758
759
760
761
762
763
764
765
766
767
768
769
770
771
772
773
774
775
776
777
778
779
780
781
782
783
784
785
786
787
788
789
790
791
792
793
794
795
796
797
798
799
800
801
802
803
804
805
806
807
808
809
810
811
812
813
814
815
816
817
818
819
820
821
822
823
824
825
826
827
828
829
830
831
832
833
834
835
836
837
838
839
840
841
842
843
844
845
846
847
848
849
850
851
852
853
854
855
856
857
858
859
860
861
862
863
864
865
866
867
868
869
870
871
872
873
874
875
876
877
878
879
880
881
882
883
884
885
886
887
888
889
890
891
892
893
894
895
896
897
898
899
900
901
902
903
904
905
906
907
908
909
910
911
912
913
914
915
916
917
918
919
920
921
922
923
924
925
926
927
928
929
930
931
932
933
934
935
936
937
938
939
940
941
942
943
944
945
946
947
948
949
950
951
952
953
954
955
956
957
958
959
960
961
962
963
964
965
966
967
968
969
970
971
972
973
974
975
976
977
978
979
980
981
982
983
984
985
986
987
988
989
990
991
992
993
994
995
996
997
998
999
1000

```

Gambar 4.2 Kode Program pada Arduino IDE

```

292 // Membaca Data Pada Sensor PZEM-004T 1 304 // Membaca Data Pada Sensor PZEM-004T 2
293 voltage1 = pzem1.voltage(); 305 voltage2 = pzem2.voltage();
294 voltage1 = zeroIfNan(voltage1); 306 voltage2 = zeroIfNan(voltage2);
295 current1 = pzem1.current(); 307 current2 = pzem2.current();
296 current1 = zeroIfNan(current1); 308 current2 = zeroIfNan(current2);
297 power1 = pzem1.power(); 309 power2 = pzem2.power();
298 power1 = zeroIfNan(power1); 310 power2 = zeroIfNan(power2);
299 energy1 = pzem1.energy(); 311 energy2 = pzem2.energy();
300 energy1 = zeroIfNan(energy1); 312 energy2 = zeroIfNan(energy2);
301 pf1 = pzem1.pf(); 313 pf2 = pzem2.pf();
302 pf1 = zeroIfNan(pf1); 314 pf2 = zeroIfNan(pf2);

```

Gambar 4.3 Kode Program PZEM-004T

Pada Arduino IDE juga dilakukan pemrograman sistem Logika Fuzzy untuk menentukan tingkat konsumsi listrik pada rumah tersebut. Tingkat konsumsi listrik berupa variabel linguistik dengan lima

7

tingkatan yaitu Sangat Rendah, Rendah, Normal, Tinggi, dan Sangat Tinggi. Fitur alarm juga ditambahkan sebagai peringatan apabila tingkat konsumsi listrik mencapai tingkat Tinggi ataupun Sangat Tinggi.

```

33 // Inisialisasi variabel himpunan FuzzyInput Total Energi
34 FuzzySet *kuhSR = new FuzzySet(0, 0, 0.5, 1);
35 FuzzySet *kuhR = new FuzzySet(0.5, 1, 2, 2.5);
36 FuzzySet *kuhN = new FuzzySet(2, 2.5, 3.5, 4);
37 FuzzySet *kuhT = new FuzzySet(3.5, 4, 5, 5.5);
38 FuzzySet *kuhST = new FuzzySet(5, 5.5, 7, 7);
39
40 // Inisialisasi variabel himpunan FuzzyOutput Daya Aktif
41 FuzzySet *dayaSR = new FuzzySet(0, 0, 100, 150);
42 FuzzySet *dayaR = new FuzzySet(100, 150, 250, 300);
43 FuzzySet *dayaT = new FuzzySet(250, 300, 400, 450);
44 FuzzySet *dayaST = new FuzzySet(400, 450, 550, 600);
45
46 // Inisialisasi variabel himpunan FuzzyOutput Tingkat Konsumsi Listrik
47 FuzzySet *tingkatSR = new FuzzySet(0, 1, 1, 2);
48 FuzzySet *tingkatR = new FuzzySet(2, 3, 3, 4);
49 FuzzySet *tingkatT = new FuzzySet(4, 5, 5, 6);
50 FuzzySet *tingkatST = new FuzzySet(6, 7, 7, 8);
51
52 // Inisialisasi Fuzzy Rules
53 // Rule 1
54 FuzzyRuleAntecedent *kuhSR_dayaSR = new FuzzyRuleAntecedent();
55 kuhSR_dayaSR->joinAntecedent(kuhSR, dayaSR);
56 FuzzyRuleConsequent *Rul1 = new FuzzyRuleConsequent();
57 Rul1->addOutput(tingkatSR);
58 FuzzyRule *FuzzyRul1 = new FuzzyRule(1, kuhSR_dayaSR, Rul1);
59 Fuzzy->addFuzzyRule(FuzzyRul1);
60
61 // Rule 2
62 FuzzyRuleAntecedent *kuhR_dayaR = new FuzzyRuleAntecedent();
63 kuhR_dayaR->joinAntecedent(kuhR, dayaR);
64 FuzzyRuleConsequent *Rul2 = new FuzzyRuleConsequent();
65 Rul2->addOutput(tingkatR);
66 FuzzyRule *FuzzyRul2 = new FuzzyRule(2, kuhR_dayaR, Rul2);
67 Fuzzy->addFuzzyRule(FuzzyRul2);
68
69 // Rule 3
70 FuzzyRuleAntecedent *kuhT_dayaT = new FuzzyRuleAntecedent();

```

Gambar 4.4 Kode Program Logika Fuzzy

Wemos D1 Mini juga diprogram untuk mengirimkan data hasil pemantauan konsumsi listrik dan output dari Logika Fuzzy ke server Blynk, sehingga hasil pemantauan tersebut akan dapat ditampilkan pada aplikasi Blynk yang sudah *terinstall* di *smartphone* pengguna. Pada aplikasi Blynk juga terdapat notifikasi apabila Tingkat Konsumsi Listrik mencapai Tinggi dan Sangat Tinggi.

```

390 Blynk.run(); // Kirim Data ke Blynk
391 Blynk.virtualWrite(V1, voltage1);
392 Blynk.virtualWrite(V2, current1);
393 Blynk.virtualWrite(V3, pFI);
394 Blynk.virtualWrite(V4, power1);
395 Blynk.virtualWrite(V5, energi1);
396 Blynk.virtualWrite(V6, voltage2);
397 Blynk.virtualWrite(V7, current2);
398 Blynk.virtualWrite(V8, pF2);
399 Blynk.virtualWrite(V9, power2);
400 Blynk.virtualWrite(V10, energi2);
401 Blynk.virtualWrite(V11, totalDaya);
402 Blynk.virtualWrite(V12, totalEnergi);
403 Blynk.virtualWrite(V13, biaya);
404 Blynk.virtualWrite(V14, output);
405 Blynk.virtualWrite(V15, status);

```

Gambar 4.5 Kode Program Blynk

Selain itu, dilakukan juga pemrograman untuk mengendalikan aliran listrik pada stop kontak melalui Relay yang telah terhubung ke masing-masing stop kontak.

```

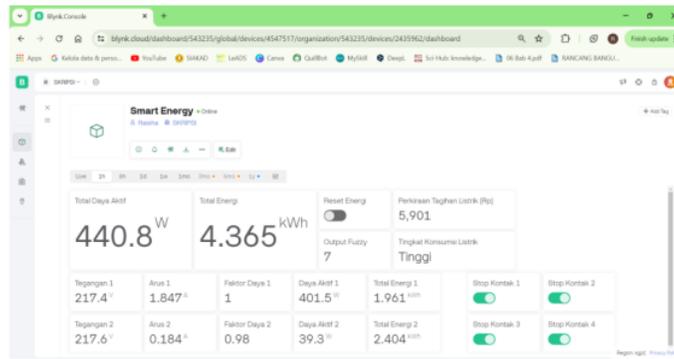
428 // Fungsi untuk mengatur status relay
429 void setRelay(int pin, int state, const char *stopkontak) {
430 digitalWrite(pin, state);
431 if (state == HIGH) {
432 Serial.println(stopkontak);
433 Serial.println(" MENYALA");
434 Serial.println("-----");
435 } else {
436 Serial.println(stopkontak);
437 Serial.println(" PADAM");
438 Serial.println("-----");
439 }
440 }
441
442 BLYN_WRITE(V17) { // Inisialisasi variabel V17 pada Blynk untuk kontrol Relay 1
443 setRelay(Relay1, param.asInt(), "STOP KONTAK 1");
444 }
445 BLYN_WRITE(V18) { // Inisialisasi variabel V18 pada Blynk untuk kontrol Relay 2
446 setRelay(Relay2, param.asInt(), "STOP KONTAK 2");
447 }
448 BLYN_WRITE(V19) { // Inisialisasi variabel V19 pada Blynk untuk kontrol Relay 3
449 setRelay(Relay3, param.asInt(), "STOP KONTAK 3");
450 }
451 BLYN_WRITE(V20) { // Inisialisasi variabel V20 pada Blynk untuk kontrol Relay 4
452 setRelay(Relay4, param.asInt(), "STOP KONTAK 4");
453 }

```

Gambar 4.6 Kode Program Sistem Kendali

4.2.2 Hasil Perancangan *Software* Blynk

Software Blynk digunakan sebagai interface antara pengguna dan sistem yang telah dibuat. Blynk dapat diakses melalui website maupun aplikasi pada *smartphone*. Melalui Blynk, pengguna dapat melakukan pemantauan pemakaian listrik di rumah mereka, serta mengendalikan perangkat elektronik yang telah terhubung stop kontak. Berikut merupakan tampilan dashboard yang sudah dirancang pada *software* Blynk.



Gambar 4.7 Tampilan *Web Dashboard* Blynk

Pada laman web Blynk, pengguna dapat memantau konsumsi listrik pengguna mulai dari total daya aktif dan total energi, perkiraan tagihan listrik, dan juga tingkat pemakaian listrik yang dihasilkan melalui sistem logika fuzzy. Pengguna juga dapat memantau pemakaian oleh masing-masing ruangan, baik tegangan, arus, faktor daya, daya aktif, sampai total energi yang telah dikonsumsi. Selain itu, pengguna juga dapat melakukan pengendalian terhadap perangkat elektronik yang terpasang pada stop kontak yang telah terhubung ke alat.



Gambar 4.8 Tampilan *Dashboard* Pada Aplikasi Blynk

Pada *smartphone*, baik Android dan IOS, pengguna dapat menggunakan sistem melalui aplikasi Blynk yang dapat diunduh secara gratis. Pada aplikasi ini, terdapat dua halaman dimana pengguna dapat dengan mudah melakukan pemantauan dan pengendalian konsumsi listrik di rumah mereka.

Pada halaman pertama, dinamakan Beranda, pengguna dapat melihat total daya aktif, total energi yang telah dikonsumsi, dan perkiraan tagihan listrik yang harus dibayarkan oleh pengguna. Sedangkan pada halaman kedua, dinamakan Ruangan, pengguna dapat memantau konsumsi listrik dari masing-masing ruangan, dan melakukan pengendalian terhadap perangkat yang telah terhubung ke sistem. Dengan dipisahkannya menjadi dua halaman, diharap pengguna dapat lebih mudah dalam melakukan pemantauan dan pengendalian konsumsi listrik rumah tangga mereka.

4.3 Pengujian Sistem

Pengujian bertujuan untuk memverifikasi bahwa sistem beroperasi dengan baik sesuai dengan rencana. Proses pengujian mencakup evaluasi hasil pembacaan sensor, pengolahan dan pengiriman data oleh mikrokontroler, serta tampilan hasil oleh aplikasi Blynk. Selain itu, beberapa percobaan tambahan dilakukan untuk memastikan bahwa alat berfungsi dengan optimal.

```
Ruangan 1
Tegangan      : 226.70V
Arus          : 0.16A
Faktor Daya   : 0.89
Daya Aktif    : 31.50W
Energi        : 2.635kWh

Ruangan 2
Tegangan      : 226.70V
Arus          : 0.04A
Faktor Daya   : 0.08
Daya Aktif    : 0.70W
Energi        : 2.563kWh

Total Daya Aktif : 32.20W
Total Energi     : 5.198kWh
Perkiraan Tagihan : Rp 7027.70
Output Fuzzy    : 5.86
Tingkat Konsumsi : Normal
```

Gambar 4.9 Hasil ¹ Pada Serial Monitor Arduino IDE

Pada Gambar 4.9 merupakan hasil pembacaan sensor yang telah diolah oleh mikrokontroler dan akan dikirimkan ke aplikasi Blynk. Data yang ditampilkan berupa hasil dari pembacaan masing-masing sensor dan sistem logika fuzzy.



Gambar 4.10 Pengujian Akurasi Sensor

Hasil pembacaan sensor kemudian diuji dengan membandingkannya dengan hasil dari *clamp meter* untuk menentukan akurasi sensor. Nilai yang dibandingkan yaitu tegangan dan arus.

Saat pengujian relay, relay berhasil dikontrol melalui switch pada aplikasi Blynk. Hasil pengontrolan juga dapat dilihat melalui Serial Monitor Arduino IDE seperti pada Gambar 4.11.

```

-----
STOP KONTAK 1 MENYALA          STOP KONTAK 1 PADAM
-----
STOP KONTAK 2 MENYALA          STOP KONTAK 2 PADAM
-----
STOP KONTAK 3 MENYALA          STOP KONTAK 3 PADAM
-----
STOP KONTAK 4 MENYALA          STOP KONTAK 4 PADAM
-----

```

Gambar 4.11 Hasil Kontrol Relay Pada Serial Monitor Arduino IDE

75
4.4

Pengumpulan Data

4.4.1 Data Sensor PZEM-004T

Untuk mengetahui akurasi sensor, dilakukan pengambilan data tegangan dan arus dari pengukuran sensor dan *clamp meter*. Pengambilan data dilakukan dengan menggunakan 5 jenis beban dan masing-masing beban dilakukan 4 kali pengukuran, sehingga totalnya ada 20 kali pengukuran. Adapun beban yang digunakan yaitu Kipas angin, *Rice cooker*, Setrika, *Charger Handphone*, dan *Charger Laptop*. Pengukuran dilakukan secara bersama untuk mengetahui perbedaan hasil dari keduanya.

Berikut merupakan data pengukuran tegangan menggunakan sensor PZEM-004T dan *Clamp Meter* yang ditampilkan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Data Pengukuran Tegangan

Beban	Hasil Pengukuran Tegangan (V)	
	Sensor	Clamp Meter
Kipas Angin (Kecepatan 3)	229,0	228,8
	229,2	228,9
	229,4	229,2
	229,4	229,3

Rice Cooker (Warm)	229,6	229,5
	229,7	229,7
	229,9	229,9
	230,2	230,4
Setrika	220,1	219,9
	220,2	219,9
	220,3	220,3
	220,2	220,1
Charger HP	227,3	227,1
	227,4	227,2
	227,4	227,3
	227,2	227,2
Charger Laptop	228,8	228,7
	228,8	228,6
	229,1	228,9
	228,9	228,8

Selain pengukuran tegangan, dilakukan juga pengukuran arus. Berikut merupakan data pengukuran arus menggunakan sensor PZEM-004T dan *Clamp Meter* yang ditampilkan pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Data Pengukuran Arus

Beban	Hasil Pengukuran Arus	
	Sensor	Clamp Meter
Kipas Angin (Kecepatan 3)	0,192	0,168
	0,192	0,168
	0,190	0,164
	0,191	0,164
Rice Cooker (Warm)	0,260	0,289
	0,261	0,287
	0,259	0,287
	0,263	0,291
Setrika	1,634	1,619
	1,625	1,613
	1,625	1,610
	1,622	1,607
Charger HP	0,086	0,084

	0,084	0,083
	0,083	0,082
	0,082	0,080
Charger Laptop	0,463	0,462
	0,464	0,460
	0,482	0,485
	0,477	0,474

4.4.2 Data Sistem Logika Fuzzy

Untuk menentukan keberhasilan sistem logika fuzzy, dilakukan pengujian antara input fuzzy yang berupa total energi dan total daya aktif, dengan output fuzzy yang berupa Tingkat Konsumsi Listrik. Data diambil secara bertahap berdasarkan nilai yang muncul pada *dashboard monitoring*. Berikut merupakan data pengujian sistem logika fuzzy yang dipaparkan pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Pengujian Sistem Logika Fuzzy

No	Total Energi (kWH)	Total Daya Aktif (W)	Output Fuzzy	
			Sistem	Kategori
1	1,298	116,0	1,75	Sangat Rendah
2	1,306	410,5	3,56	Rendah
3	1,321	431,7	4,18	Normal
4	2,807	446,7	6,77	Tinggi
5	2,822	118,3	3,82	Normal
6	3,580	440,7	6,50	Tinggi
7	4,207	807,7	9,00	Sangat Tinggi
8	4,247	781,2	9,00	Sangat Tinggi
9	4,365	440,8	7,00	Tinggi
10	5,276	73,5	6,07	Tinggi

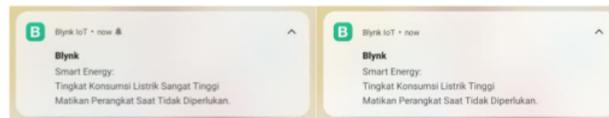
4.4.3 Data Percobaan Fitur Notifikasi

Pengumpulan data ini bertujuan memastikan bahwa fitur notifikasi dapat berjalan sesuai rencana. Dilakukan beberapa kali percobaan untuk melihat apakah notifikasi muncul jika Tingkat Konsumsi Listrik mencapai nilai Tinggi atau Sangat Tinggi. Berikut merupakan data percobaan fitur notifikasi yang dipaparkan pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Data Percobaan Fitur Notifikasi

No.	Total Energi (kWH)	Total Daya Aktif (W)	Tingkat Konsumsi Listrik	Notifikasi
1.	1,298	116,0	Sangat Rendah	Tidak Ada
2.	1,306	410,5	Rendah	Tidak Ada
3.	1,321	431,7	Normal	Tidak Ada
4.	2,807	446,7	Tinggi	Ada
5.	2,822	118,3	Normal	Tidak Ada
6.	3,580	440,7	Tinggi	Ada
7.	4,207	807,7	Sangat Tinggi	Ada
8.	4,247	781,2	Sangat Tinggi	Ada
9.	4,365	440,8	Tinggi	Ada
10.	5,276	73,5	Tinggi	Ada

Berikut merupakan tampilan *push-up notification* jika Tingkat Konsumsi Listrik mencapai nilai Tinggi atau Sangat Tinggi.



Gambar 4.12 *Push-up Notification* Pada Aplikasi Blynk

4.4.4 Data Percobaan Kendali Perangkat

Percobaan ini dilakukan untuk memastikan bahwa relay dapat dikendalikan melalui aplikasi Blynk. Dilakukan beberapa kali percobaan memutus dan menghubungkan kembali aliran listrik melalui switch pada aplikasi Blynk. Berikut merupakan data percobaan sistem kendali perangkat yang ditampilkan pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Data Percobaan Kendali Perangkat

No.	S1	S2	S3	S4	K1	K2	K3	K4
1.	0	0	0	0	0	0	0	0
2.	1	0	0	0	1	0	0	0
3.	0	1	0	0	0	1	0	0
4.	0	0	1	0	0	0	1	0
5.	0	0	0	1	0	0	0	1
6.	1	1	0	0	1	1	0	0

7.	1	0	1	0	1	0	1	0
8.	1	0	0	1	1	0	0	1
9.	0	1	1	0	0	1	1	0
10.	0	1	0	1	0	1	0	1
11.	0	0	1	1	0	0	1	1
12.	1	1	1	0	1	1	1	0
13.	1	1	0	1	1	1	0	1
14.	1	0	1	1	1	0	1	1
15.	0	1	1	1	0	1	1	1
16.	1	1	1	1	1	1	1	1

Keterangan:

S : Swtich pada aplikasi Blynk 0 : OFF

K : Stop kontak 1 : ON

4.4.5 Data Waktu Tunda Sistem Kendali

Percobaan ini dilakukan untuk mengetahui seberapa besar waktu tunda (*delay*) pada sistem kendali perangkat. Dilakukan beberapa kali percobaan memutus dan menghubungkan kembali aliran listrik melalui switch pada aplikasi Blynk, kemudian dicatat berapa selisih waktu antara kontrol pada aplikasi dengan respon dari relay. Berikut merupakan data percobaan waktu tunda sistem kendali.

Tabel 4.7 Data Percobaan Waktu Tunda Sistem Kendali

Relay	Percobaan 1		Percobaan 2		Percobaan 3	
	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF
Relay 1	1.28	0.90	1.60	2.32	1.66	2.35
Relay 2	0.63	0.97	2.72	2.65	3.61	3.83
Relay 3	1.01	0.80	1.20	0.70	0.84	3.53
Relay 4	0.68	1.30	1.36	2.22	2.16	3.93

4.4.6 Data Percobaan Keseluruhan Sistem

Dilakukan percobaan sistem menggunakan empat jenis beban berbeda, yaitu Kipas Angin, *Charger* HP, *Rice Cooker*, dan *Charger* Laptop. Percobaan dilakukan untuk memastikan semua data dapat dibaca oleh sistem.

Tabel 4.8 Data Uji Keseluruhan Sistem

Jam ke-	Total Daya Aktif (W)	Total Energi (kWh)	Biaya (Rp)	Kategori
2	452.96	0.331	Rp447	Normal
4	442.32	1.110	Rp1,500	Normal
6	452.48	1.992	Rp2,693	Normal
8	457.94	2.897	Rp3,915	Tinggi
10	55.66	3.415	Rp4,616	Rendah
12	64.77	3.553	Rp4,804	Rendah
14	455.92	4.195	Rp5,672	Tinggi
16	42.29	4.688	Rp6,338	Normal
18	425.77	5.412	Rp7,317	Sangat Tinggi
20	474.22	5.702	Rp7,708	Sangat Tinggi

66

4.5 Pengolahan dan Analisis Data

4.5.1 Analisis Tingkat Akurasi Sensor PZEM-004T

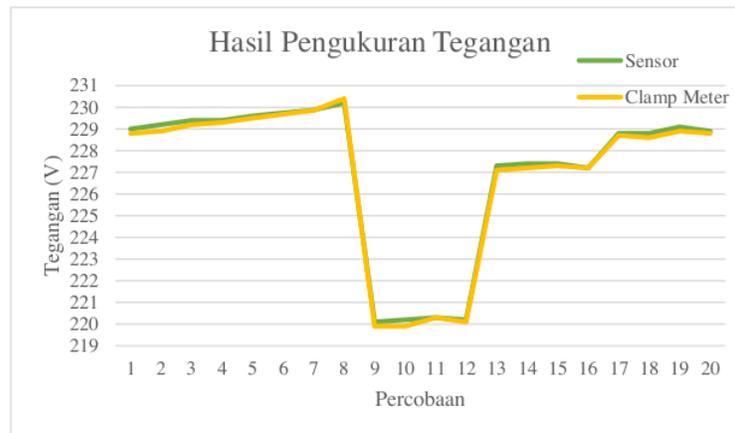
Data perbandingan hasil pengukuran tegangan dan arus yang sudah dikumpulkan sebelumnya diolah untuk menentukan tingkat akurasi dari sensor PZEM-004T yang digunakan pada sistem.

Tabel 4.9 Data Akurasi Pengukuran Tegangan

Beban	Hasil Pengukuran Tegangan (V)		Error
	Sensor	Clamp Meter	
Kipas Angin (Kecepatan 3)	229,0	228,8	0,09%
	229,2	228,9	0,13%
	229,4	229,2	0,09%
	229,4	229,3	0,04%
Rice Cooker (Warm)	229,6	229,5	0,04%
	229,7	229,7	0,03%
	229,9	229,9	0,01%
	230,2	230,4	0,09%
Setrika	220,1	219,9	0,09%
	220,2	219,9	0,14%
	220,3	220,3	0,00%
	220,2	220,1	0,05%

<i>Charger HP</i>	227,3	227,1	0,09%
	227,4	227,2	0,09%
	227,4	227,3	0,04%
	227,2	227,2	0,00%
<i>Charger Laptop</i>	228,8	228,7	0,04%
	228,8	228,6	0,09%
	229,1	228,9	0,09%
	228,9	228,8	0,04%
Rata-rata Error			0,06%
Tingkat Akurasi			99,94%

Pada Tabel 4.9 dapat diketahui hasil perhitungan error dan akurasi dari pengukuran tegangan sensor PZEM-004T yang digunakan dalam sistem. Nilai error yang dihasilkan oleh sensor sangat kecil, yaitu dengan rata-rata sebesar 0,06%. Nilai error yang kecil ini menunjukkan bahwa sensor memiliki akurasi yang sangat tinggi, yaitu sebesar 99,94%. Hasil ini tergolong sangat baik apabila dibandingkan dengan referensi-referensi sebelumnya yaitu sebesar 99,87% (Dwisaputra et al., 2021), 99,65% (Jokanan et al., 2022), 99,38% (Wirasasmita et al., 2022), dan 99,68% (Nugraha, 2023).



Gambar 4.13 Hasil Pengukuran Tegangan

Berdasarkan Tabel 4.9, dapat dibuat grafik perbandingan hasil pengukuran yang digambarkan pada Gambar 4.13. Dapat dilihat bahwa selisih hasil pengukuran antara sensor PZEM-004T dan *clamp meter* sangat kecil, sehingga akurasi sensor PZEM-004T sangat baik. Selain itu, dapat dilihat bahwa pada percobaan 9 sampai 12, yaitu penggunaan beban setrika, tegangan turun drastis. Hal ini disebabkan oleh besarnya daya yang dibutuhkan setrika, sehingga tegangan akan turun.

Tabel 4.10 Data Akurasi Pengukuran Arus

Beban	Hasil Pengukuran Arus		% Error
	Sensor	Clamp Meter	
Kipas Angin (Kecepatan 3)	0,192	0,168	14,29%
	0,192	0,168	14,29%
	0,190	0,164	15,85%
	0,191	0,164	16,46%
Rice Cooker (Warm)	0,260	0,289	10,03%
	0,261	0,287	9,06%
	0,259	0,287	9,76%
	0,263	0,291	9,62%
Setrika	1,634	1,619	0,93%
	1,625	1,613	0,74%
	1,625	1,610	0,93%
	1,622	1,607	0,93%
Charger HP	0,086	0,084	2,38%
	0,084	0,083	1,20%
	0,083	0,082	1,22%
	0,082	0,080	2,50%
Charger Laptop	0,463	0,462	0,22%
	0,464	0,460	0,87%
	0,482	0,485	0,62%
	0,477	0,474	0,63%
Rata-rata Error			5,63%
Persentase Akurasi			94,37%

Pada Tabel 4.10 dapat diketahui hasil perhitungan error dan akurasi dari pengukuran arus sensor PZEM-004T yang digunakan dalam sistem. Nilai error yang dihasilkan oleh sensor cukup kecil, yaitu dengan rata-rata sebesar 5,63%. Nilai error yang kecil ini menunjukkan bahwa sensor memiliki akurasi yang sangat tinggi, yaitu sebesar

94,37%. Hasil ini masih tergolong baik karena lebih besar dari penelitian sebelumnya yaitu 93,3% (Jokanan et al., 2022) dan 87,2% (Nugraha, 2023).



Gambar 4.14 Hasil Pengukuran Arus

Berdasarkan Tabel 4.10, dapat dibuat grafik perbandingan hasil pengukuran yang digambarkan pada Gambar 4.14. Dapat dilihat bahwa selisih hasil pengukuran antara sensor PZEM-004T dan clamp meter cukup kecil, sehingga akurasi sensor PZEM-004T baik. Selain itu, dapat dilihat bahwa pada percobaan 9 sampai 12, yaitu saat penggunaan beban setrika, arus naik drastis. Hal ini disebabkan oleh besarnya daya yang dibutuhkan setrika, sehingga membutuhkan arus yang besar.

4.5.2 Analisis Tingkat Keberhasilan Sistem Logika Fuzzy

Data sistem logika fuzzy yang telah dikumpulkan sebelumnya akan diolah untuk menentukan tingkat keberhasilan dari komputasi logika fuzzy pada Arduino IDE. Berikut merupakan data pengujian sistem logika fuzzy yang ditampilkan pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11 Data Akurasi Sistem Logika Fuzzy

No	Total Energi (kWH)	Total Daya Aktif (W)	Output Fuzzy		Ket.
			Nilai	Kategori	
1	1,298	116,0	1,75	Sangat Rendah	Sesuai
2	1,306	410,5	3,56	Rendah	Sesuai
3	1,321	431,7	4,18	Normal	Sesuai

4	2,807	446,7	6,77	Tinggi	Sesuai
5	2,822	118,3	3,82	Normal	Sesuai
6	3,580	440,7	6,50	Tinggi	Sesuai
7	4,207	807,7	9,00	Sangat Tinggi	Sesuai
8	4,247	781,2	9,00	Sangat Tinggi	Sesuai
9	4,365	440,8	7,00	Tinggi	Sesuai
10	5,276	73,5	6,07	Tinggi	Sesuai
JUMLAH SESUAI					10
JUMLAH PERCOBAAN					10
TINGKAT KEBERHASILAN					100%

Berdasarkan Tabel 4.11, dapat dilihat bahwa hasil baik dari sistem logika fuzzy, perhitungan, dan kategori yang ditampilkan sudah sesuai sesuai dengan rencana, sehingga komputasi dari sistem logika fuzzy dapat dikatakan berhasil.

4.5.3 Analisis Tingkat Keberhasilan Fitur Notifikasi

Data percobaan fitur notifikasi diolah untuk menentukan tingkat keberhasilan fitur notifikasi. Berikut merupakan data pengujian sistem logika fuzzy yang ditampilkan pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12 Hasil Pengolahan Data Fitur Notifikasi

No.	Tingkat Konsumsi Listrik	Notifikasi	Keterangan
1.	Sangat Rendah	Tidak Ada	Sesuai
2.	Rendah	Tidak Ada	Sesuai
3.	Normal	Tidak Ada	Sesuai
4.	Tinggi	Ada	Sesuai
5.	Normal	Tidak Ada	Sesuai
6.	Tinggi	Ada	Sesuai
7.	Sangat Tinggi	Ada	Sesuai
8.	Sangat Tinggi	Ada	Sesuai
9.	Tinggi	Ada	Sesuai
10.	Tinggi	Tidak Ada	Sesuai
JUMLAH SESUAI			10
JUMLAH PERCOBAAN			10
TINGKAT KEBERHASILAN			100%

Berdasarkan Tabel 4.12, dapat dilihat bahwa fitur notifikasi pada aplikasi Blynk akan muncul hanya jika Tingkat Konsumsi Listrik mencapai nilai Tinggi atau Sangat Tinggi. Jadi, dapat dipastikan bahwa fitur notifikasi dapat berjalan sesuai rencana.

4.5.4 Analisis Tingkat Keberhasilan Sistem Kendali Perangkat

Data percobaan Sistem Kendali diolah untuk menentukan tingkat keberhasilannya. Berikut merupakan data pengujian sistem kendali yang ditampilkan pada Tabel 4.13.

Tabel 4.13 Hasil Pengolahan Data Sistem Kendali

No.	S1	S2	S3	S4	K1	K2	K3	K4	Keterangan
1.	0	0	0	0	0	0	0	0	Sesuai
2.	1	0	0	0	1	0	0	0	Sesuai
3.	0	1	0	0	0	1	0	0	Sesuai
4.	0	0	1	0	0	0	1	0	Sesuai
5.	0	0	0	1	0	0	0	1	Sesuai
6.	1	1	0	0	1	1	0	0	Sesuai
7.	1	0	1	0	1	0	1	0	Sesuai
8.	1	0	0	1	1	0	0	1	Sesuai
9.	0	1	1	0	0	1	1	0	Sesuai
10.	0	1	0	1	0	1	0	1	Sesuai
11.	0	0	1	1	0	0	1	1	Sesuai
12.	1	1	1	0	1	1	1	0	Sesuai
13.	1	1	0	1	1	1	0	1	Sesuai
14.	1	0	1	1	1	0	1	1	Sesuai
15.	0	1	1	1	0	1	1	1	Sesuai
16.	1	1	1	1	1	1	1	1	Sesuai
JUMLAH SESUAI									16
JUMLAH PERCOBAAN									16
TINGKAT KEBERHASILAN									100 %

Keterangan:

S : Swtich pada aplikasi Blynk 0 : OFF

K : Stop kontak 1 : ON

Berdasarkan Tabel 4.13, dapat dilihat bahwa relay dapat dikendalikan melalui aplikasi Blynk. Jadi, dapat dipastikan bahwa pengguna dapat mengendalikan pemakaian listrik secara langsung melalui aplikasi Blynk.

4.5.5 Analisis Waktu Tunda Sistem Kendali

Data percobaan waktu tunda sistem kendali diolah untuk menentukan rata-rata waktu tundanya. Berikut merupakan data pengujian sistem kendali.

Tabel 4.14 Data Waktu Tunda Sistem Kendali

Relay	Percobaan 1		Percobaan 2		Percobaan 3		Rata-rata
	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	
Relay 1	1.28	0.90	1.60	2.32	1.66	2.35	1.69
Relay 2	0.63	0.97	2.72	2.65	3.61	3.83	2.40
Relay 3	1.01	0.80	1.20	0.70	0.84	3.53	1.35
Relay 4	0.68	1.30	1.36	2.22	2.16	3.93	1.94
Rata-rata waktu tunda							1.84

Berdasarkan tabel berikut, rata-rata waktu tunda sistem kendali masih tergolong kecil, yaitu sebesar 1.84 detik.

4.5.6 Analisis Keseluruhan Sistem

Untuk memastikan sistem berjalan sesuai rencana, data uji keseluruhan sistem diolah. Berikut merupakan hasil olah data pengujian keseluruhan sistem.

Tabel 4.15 Tingkat Keberhasilan Sistem

Jam ke-	Total Daya Aktif (W)	Total Energi (kWh)	Biaya (Rp)	Kategori	Keterangan
2	452.96	0.331	Rp447	Normal	Sesuai
4	442.32	1.110	Rp1,500	Normal	Sesuai
6	452.48	1.992	Rp2,693	Normal	Sesuai
8	457.94	2.897	Rp3,915	Tinggi	Sesuai
10	55.66	3.415	Rp4,616	Rendah	Sesuai
12	64.77	3.553	Rp4,804	Rendah	Sesuai
14	455.92	4.195	Rp5,672	Tinggi	Sesuai

16	42.29	4.688	Rp6,338	Normal	Sesuai
18	425.77	5.412	Rp7,317	Sangat Tinggi	Sesuai
20	474.22	5.702	Rp7,708	Sangat Tinggi	Sesuai

⁵⁰ Berdasarkan tabel di atas, dapat dilihat bahwa sistem dapat menampilkan semua data dari pemakaian listrik rumah tangga dengan sesuai. Sehingga, dapat dipastikan sistem berjalan ⁴³ sesuai dengan tujuan dan rencana yang telah dibuat.

PENUTUP**5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan penelitian mengenai Sistem Pemantauan dan Kendali Konsumsi Listrik Rumah Tangga dengan Logika Fuzzy dan Internet of Things, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut.

1. Sistem pemantauan dan kendali konsumsi listrik rumah tangga dengan menggunakan Logika Fuzzy dan berbasis *Internet of Things* berhasil dirancang dengan baik. Sistem ini terdiri dari berbagai komponen yang terintegrasi untuk memantau dan mengendalikan penggunaan listrik secara efisien. Desain sistem mencakup perangkat keras seperti sensor PZEM-004T, mikrokontroler Wemos D1 Mini, dan relay, serta perangkat lunak yang mendukung melalui *platform* Blynk.
2. Sistem melakukan pemantauan menggunakan sensor PZEM-004T, di mana sensor tersebut mengukur konsumsi listrik dan mengirimkan data ke Wemos D1 Mini sebagai mikrokontroler. Mikrokontroler kemudian memproses data dan menggunakan algoritma Logika Fuzzy untuk menghasilkan informasi yang selanjutnya akan dikirimkan ke aplikasi Blynk untuk ditampilkan. Pada sistem ini juga terdapat fitur notifikasi jika tingkat konsumsi listrik mencapai tinggi atau sangat tinggi. Selain pemantauan, sistem ini juga memungkinkan pengguna untuk mengendalikan perangkat listrik secara real-time melalui *platform* Blynk, baik aplikasi maupun *website*, sehingga memastikan bahwa konsumsi listrik dapat diatur sesuai kebutuhan.
3. Pengujian menunjukkan bahwa sistem memiliki tingkat akurasi yang tinggi. Akurasi dari sensor PZEM-004T mencapai 99,94% untuk pengukuran tegangan dan 91,84% untuk pengukuran arus. Selain itu, sistem Logika Fuzzy yang digunakan juga terbukti akurat, yang ditandakan oleh nilai output yang sesuai dengan perhitungan manual. Sistem kendali juga telah dipastikan dapat berkerja secara *real-time*.

Hal ini menunjukkan bahwa sistem ini dapat diandalkan untuk pemantauan dan pengendalian konsumsi listrik rumah tangga.

Secara keseluruhan, penelitian ini telah berhasil mengembangkan dan menguji sebuah sistem yang inovatif dan efektif untuk mengelola konsumsi listrik rumah tangga. Sistem ini tidak hanya memberikan kemudahan dalam pemantauan dan pengendalian listrik, tetapi juga meningkatkan efisiensi dan akurasi dalam penggunaan energi listrik. Namun, untuk proses implementasi secara riil, sistem ini masih membutuhkan beberapa tahap pengembangan lagi agar sesuai dengan kebutuhan.

⁵⁶ 5.2 **Saran**

Berdasarkan hasil penelitian, terdapat beberapa saran untuk pengembangan mengenai sistem ini yang dapat diuraikan sebagai berikut.

1. Penambahan opsi golongan rumah tangga lain agar pengguna dapat menyesuaikan.
2. Penambahan opsi pengendalian pemakaian listrik secara otomatis.
3. Penambahan input fuzzy lain, seperti waktu pemakaian dan lain sebagainya.

Dengan menerapkan saran ini, diharapkan sistem pemantauan dan kendali konsumsi listrik rumah tangga dapat ⁸⁵ berkembang dan memberikan manfaat yang lebih besar bagi pengguna, sekaligus mendukung upaya efisiensi energi di skala yang lebih luas.

DAFTAR PUSTAKA

- Abrianto, H. H., Sari, K., & Irmayani. (2021). Sistem Monitoring Dan Pengendalian Data Suhu Ruang Navigasi Jarak Jauh Menggunakan WEMOS D1 Mini. *Jurnal Nasional Komputasi Dan Teknologi Informasi*, 4(1), 38–49.
- Anwar, S., Artono, T., Nasrul, N., Dasrul, D., & Fadli, A. (2019). Pengukuran Energi Listrik Berbasis PZEM-004T. *Prosiding Seminar Nasional Politeknik Negeri Lhokseumawe*, 3(1), 272–276.
- Arnani, M. (2024). *Rincian Tarif Listrik per kWh Berlaku Januari 2024*. <https://money.kompas.com/read/2024/01/02/090259926/rincian-tarif-listrik-per-kwh-berlaku-januari-2024>
- Asriyanik, & Tarwati, K. (2020). Metode Fuzzy Logic Untuk Penentuan Kelayakan Penerima Beasiswa Mahasiswa Di Universitas Muhammadiyah Sukabumi. *Jurnal Sistem Informasi*, 1(2), 56.
- Burhanuddin, A. (2023). Analisis Komparatif Inferensi Fuzzy Tsukamoto, mamdani dan Sugeno Terhadap Produktivitas Padi di Indonesia. *LEDGER: Journal Informatic and Information Technology*, 2(1), 48–57.
- Dwisaputra, I., Yudhi, Y., Anggrainy, K., & Novaldy, S. (2021). Kontrol dan Monitoring Stop Kontak Berbasis Android. *RESISTOR (Elektronika Kendali Telekomunikasi Tenaga Listrik Komputer)*, 4(1), 23. <https://doi.org/10.24853/resistor.4.1.23-28>
- Esye, Y., & Lesmana, S. (2021). *Analisa Perbaikan Faktor Daya Sistem Kelistrikan*. XI(1), 103–113.
- Gideon, S., & Saragih, K. P. (2019). Analisis Karakteristik Listrik Arus Searah dan Arus Bolak-Balik. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin*, 1(2), 262–266.
- Jokanan, J. W., Widodo, A., Kholis, N., & Rakhmawati, L. (2022). Rancang Bangun Alat Monitoring Daya Listrik Berbasis IoT Menggunakan Firebase dan Aplikasi. *Jurnal Teknik Elektro*, 11(1), 47–55. <https://doi.org/10.26740/jte.v11n1.p47-55>

- Msimbe, H., Wilson, D., Salim, J., & Rwegoshora, F. (2022). Development of IoT-Based System for Monitoring Electrical Energy Consumption of the Smart and Rental Houses in Tanzania International Journal of Advances in Scientific Development of IoT-Based System for Monitoring Electrical Energy Consumption of the Sma. *International Journal of Advances in Scientific Research and Engineering (Ijasre)*, 8(August). <https://doi.org/10.31695/IJASRE.2022.8.8.1>
- Nanda, F. W., Kurniawan, F., & Setiawan, P. (2020). Analisis Ketepatan Pengukur Tegangan True RMS Jala-Jala Listrik Berbasis Mikrokontroler ATmega 328P. *Avitec*, 2(2), 111–127. <https://doi.org/10.28989/avitec.v2i2.734>
- Nugraha, D. A. (2023). *Telegram Application for Monitoring , Controlling and Protecting the Consumption of Household Electrical Appliances*. 15(1), 1–10.
- Prawiyogi, A. G., & Anwar, A. S. (2023). Perkembangan Internet of Things (IoT) pada Sektor Energi : Sistematis Literatur Review. *Jurnal MENTARI: Manajemen, Pendidikan Dan Teknologi Informasi*, 1(2), 187–197. <https://doi.org/10.34306/mentari.v1i2.254>
- PT PLN (Persero). (2023). Statistik PLN 2022. In *Statistik PLN* (Issue 03001).
- Setia, B., & Ramadhan, A. (2019). Penerapan Logika Fuzzy pada Sistem Cerdas. *Jurnal Sistem Cerdas*, 2(1), 61–66. <https://doi.org/10.37396/jsc.v2i1.18>
- Setiawan, A., Yanto, B., & Yasdomi, K. (2018). Logika Fuzzy Dengan Matlab. In *Jayapangus Press*.
- Suhanto, Prabowo, A. S., Sudjoko, R. I., & Suryono, W. (2020). The Electrical Energy Usage of Monitoring System at Real-Time Using IoT as the Primary Policy of Energy Efficiency. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/909/1/012009>
- Suprpto, H., & Simanjuntak, P. (2020). Fuzzy Logic Untuk Memprediksi Pemakaian Listrik. *Jurnal Comasie*, 3(2), 31–39.
- Toba, F., Suoth, V. A., Kolibu, H. S., Mosey, H. I. R., As'ari, & Pandara, D. P. (2023). Analisis Perbandingan Daya Listrik Saat Sebelum Dan Sesudah

Variasi Kapasitor Pada Beban Listrik Rumah Tangga. *Jurnal MIPA*, 13(1), 11–17. <https://doi.org/10.35799/jm.v13i1.48968>

Wirasmita, R. H., Prihatmoko, D., & Supriyadi, M. (2022). Sistem Monitoring Pemakaian Daya Listrik Pada Kwh Meter Menggunakan Arduino dan SMS Gateway. *Jurnal Disprotek*, 13(2), 65–37. <https://doi.org/10.34001/jdpt.v12i2>

Yulistiani, T. (2023). *Alat Pembatas Arus Adjustable Limiter Berbasis Mikrokontroler*. Universitas Siliwangi.

RANCANG BANGUN SISTEM PEMANTAUAN DAN KENDALI KONSUMSI LISTRIK RUMAH TANGGA DENGAN LOGIKA FUZZY DAN INTERNET OF THINGS

ORIGINALITY REPORT

20%

SIMILARITY INDEX

18%

INTERNET SOURCES

6%

PUBLICATIONS

10%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	repository.its.ac.id Internet Source	1%
2	repository.mercubuana.ac.id Internet Source	1%
3	Submitted to Universitas Diponegoro Student Paper	1%
4	Submitted to Sriwijaya University Student Paper	1%
5	repository.ub.ac.id Internet Source	1%
6	dspace.uii.ac.id Internet Source	1%
7	docplayer.info Internet Source	1%
8	Submitted to Universitas Mercu Buana Student Paper	1%

Submitted to Universitas Islam Indonesia

9	Student Paper	1 %
10	Submitted to Institut Teknologi Nasional Malang Student Paper	1 %
11	eprints.umg.ac.id Internet Source	<1 %
12	studopedia.net Internet Source	<1 %
13	repository.ar-raniry.ac.id Internet Source	<1 %
14	Submitted to Forum Perpustakaan Perguruan Tinggi Indonesia Jawa Timur Student Paper	<1 %
15	eprints.uny.ac.id Internet Source	<1 %
16	repository.usu.ac.id Internet Source	<1 %
17	repository.iaa.ac.tz:8080 Internet Source	<1 %
18	Submitted to UPN Veteran Jakarta Student Paper	<1 %
19	Submitted to Universitas Putera Batam Student Paper	<1 %

20	repository.ittelkom-pwt.ac.id Internet Source	<1 %
21	text-id.123dok.com Internet Source	<1 %
22	core.ac.uk Internet Source	<1 %
23	ejournal.unesa.ac.id Internet Source	<1 %
24	Submitted to Universitas Brawijaya Student Paper	<1 %
25	repository.poliupg.ac.id Internet Source	<1 %
26	Submitted to Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia Student Paper	<1 %
27	ejournal.catuspata.com Internet Source	<1 %
28	eprints.iain-surakarta.ac.id Internet Source	<1 %
29	repository.dinamika.ac.id Internet Source	<1 %
30	Submitted to De La Salle University Student Paper	<1 %
31	Submitted to STT PLN	

<1 %

32

ejournals.itda.ac.id

Internet Source

<1 %

33

repositori.unsil.ac.id

Internet Source

<1 %

34

repository.uin-suska.ac.id

Internet Source

<1 %

35

forum.upbatam.ac.id

Internet Source

<1 %

36

penerbit.lipi.go.id

Internet Source

<1 %

37

repository.usd.ac.id

Internet Source

<1 %

38

123dok.com

Internet Source

<1 %

39

Submitted to Universitas Pertamina

Student Paper

<1 %

40

docobook.com

Internet Source

<1 %

41

repository.iainpalopo.ac.id

Internet Source

<1 %

42

digilib.uinsgd.ac.id

Internet Source

<1 %

43	media.neliti.com Internet Source	<1 %
44	Mohamad Nursamsi Adiwiranto, Catur Budi Waluyo. "PROTOTIPE SISTEM MONITORING KONSUMSI ENERGI LISTRIK SERTA ESTIMASI BIAYA PADA PERALATAN RUMAH TANGGA BERBASIS INTERNET OF THINGS", ELECTRON : Jurnal Ilmiah Teknik Elektro, 2021 Publication	<1 %
45	Submitted to Universiti Malaysia Perlis Student Paper	<1 %
46	doku.pub Internet Source	<1 %
47	jateng.tribunnews.com Internet Source	<1 %
48	eprints.ubhara.ac.id Internet Source	<1 %
49	eprints.umk.ac.id Internet Source	<1 %
50	id.scribd.com Internet Source	<1 %
51	repository.unair.ac.id Internet Source	<1 %
52	repository.unisma.ac.id Internet Source	<1 %

53	toraja.tribunnews.com Internet Source	<1 %
54	Submitted to Higher Education Commission Pakistan Student Paper	<1 %
55	eprints.unm.ac.id Internet Source	<1 %
56	jurnal.stmik-dci.ac.id Internet Source	<1 %
57	repository.uph.edu Internet Source	<1 %
58	Submitted to Universitas Andalas Student Paper	<1 %
59	journal.unnes.ac.id Internet Source	<1 %
60	jurnal.polsri.ac.id Internet Source	<1 %
61	repositori.uma.ac.id Internet Source	<1 %
62	Submitted to Universitas Negeri Surabaya The State University of Surabaya Student Paper	<1 %
63	docslide.us Internet Source	<1 %

64	ejournal-s1.undip.ac.id Internet Source	<1 %
65	eprints.umpo.ac.id Internet Source	<1 %
66	pt.scribd.com Internet Source	<1 %
67	www.pijarpemikiran.com Internet Source	<1 %
68	adoc.pub Internet Source	<1 %
69	ejournal.uigm.ac.id Internet Source	<1 %
70	jurnal.unej.ac.id Internet Source	<1 %
71	publikasi.dinus.ac.id Internet Source	<1 %
72	repositori.usu.ac.id Internet Source	<1 %
73	Miftahul Qowim, Nina Aini Mahbubah, M. Zainuddin Fathoni. "PENERAPAN 5S PADA DIVISI GUDANG (STUDI KASUS PT. SUMBER URIP SEJATI)", JUSTI (Jurnal Sistem dan Teknik Industri), 2020 Publication	<1 %

74 Restu Mukti Utomo, Adi Pandu Wirawan, Wisnu Candra Margono, Nur Rani Alham. "Design of Automatic Power Factor Correction for Optimization of Electric Energy Consumption", Jurnal Ecotipe (Electronic, Control, Telecommunication, Information, and Power Engineering), 2024
Publication <1 %

75 de.slideshare.net
Internet Source <1 %

76 ejournal.unisnu.ac.id
Internet Source <1 %

77 elibrary.unikom.ac.id
Internet Source <1 %

78 erepo.unud.ac.id
Internet Source <1 %

79 etheses.uin-malang.ac.id
Internet Source <1 %

80 libraryproceeding.telkomuniversity.ac.id
Internet Source <1 %

81 repository.umsu.ac.id
Internet Source <1 %

82 repository.umy.ac.id
Internet Source <1 %

83 www.ejournal-s1.undip.ac.id

Internet Source

<1 %

84

www.journal.stieamkop.ac.id

Internet Source

<1 %

85

www.koperasicipaganti.com

Internet Source

<1 %

86

I Made Surya Radhitya, Sirojul Hadi, Adam Bachtiar. "Monitoring Konsumsi Listrik Rumah Tangga Berbasis Internet of Things Terintegrasi dengan Virtual Private Server", Jurnal Bumigora Information Technology (BITe), 2021

Publication

<1 %

87

manajemenelektrounsrat.wordpress.com

Internet Source

<1 %

88

trisnawatidewi.wordpress.com

Internet Source

<1 %

89

Ermawati Ermawati, Fadhli Fadhli, Machdalena Machdalena, Engla Harda Arya, Perdi Pernanda Lubis. "Analisa Karakteristik Generator Sinkron Terhadap Perubahan Beban Daya Aktif", Jurnal Surya Teknik, 2023

Publication

<1 %

90

Saparuddin Siregar, Nur Ainun. "Analisis Penentuan Harga Jual Listrik Pada PT PLN

<1 %

(Persero) Ulp Medan Timur", VISA: Journal of
Vision and Ideas, 2022

Publication

91

eksplora.stikom-bali.ac.id
Internet Source

<1%

Exclude quotes Off

Exclude bibliography On

Exclude matches Off

eksplora